



VNIVERSITAT
E VALÈNCIA

Facultad de Magisterio

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
PROGRAMA DE DOCTORADO EN DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS



TESIS DOCTORAL

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARA FORMAR A ESTUDIANTES DE MAGISTERIO EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS COMO INDAGACIÓN. PRIMEROS RESULTADOS.



Presentada por:

KELLY JOHANNA DUQUE LOZANO

Dirigida por:

Dr. CARLES FURIÓ MÁS

Diciembre de 2021





Para Iker, por ser mi inspiración, mi luz, mi razón, mi todo.





AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres, mis hermanos y mi pareja por su apoyo y sus palabras siempre de ánimo para no rendirme y seguir siempre adelante.

Especial agradecimiento al profesor Carles Furió por su paciencia, sus buenos consejos, siempre oportunos y sinceros y, sobre todo, por todos los conocimientos que desinteresadamente me brindó día a día durante este proceso y me han permitido crecer profesionalmente y culminar con este proyecto de investigación.

Finalmente, agradecer a la profesora Gloria Sánchez por su colaboración, implicación, consejos y haberme permitido llevar a cabo esta propuesta en la asignatura que impartía durante aquellos años.





ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL Y PRESENTACIÓN	15
Importancia de que los futuros maestros adquieran habilidades metodológicas sugeridas en los resultados de investigación.....	18
Necesidad de impulsar la reflexión didáctica explícita en los futuros maestros y maestras.....	19
Las nuevas metodologías de enseñanza como posible solución al actual déficit de interés de los niños y niñas por la ciencia.....	20
Indexación de los contenidos de la memoria de investigación.....	22
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	25
1.1 NECESIDAD DE LOGRAR UNA SOCIEDAD BASADA EN EL CONOCIMIENTO Y LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA-TECNOLÓGICA	27
1.2 PROBLEMAS ACTUALES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA	30
1.3 ¿CÓMO MEJORAR LA FORMACIÓN CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA DE LOS FUTUROS(AS) MAESTROS(AS)?.....	32
1.3.1 El conocimiento y desarrollo de competencias científicas y tecnológicas.	32
1.3.2 El conocimiento y uso adecuado de innovadoras metodologías de enseñanza-aprendizaje.....	34
1.3.3 La integración de los puntos anteriores para iniciar en el futuro maestro el desarrollo de su propia competencia docente	36
1.3.3.1 ¿Cómo formar al futuro maestro con el fin de lograr una mejor competencia docente en la enseñanza de las ciencias para la escuela primaria?	36
1.3.3.2 ¿En qué medida se presentan y/o enseñan en la formación de los futuros maestros -que han de enseñar ciencias- enfoques próximos al aprendizaje basado en la indagación?.....	40
1.4 ¿CUÁL ES EL PROBLEMA GENERAL QUE SE INTENTA ABORDAR Y QUÉ OBJETIVOS SE DESEAN ALCANZAR EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN?.....	42
CAPÍTULO 2: LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA Y LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS.....	45
2.1 INTRODUCCIÓN	47
2.2 LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL AULA DE EDUCACIÓN PRIMARIA.....	48
2.2.1 Breve reseña histórica de la enseñanza de las ciencias en las aulas de educación primaria.....	48
2.2.2 Análisis crítico de la enseñanza habitual de las ciencias en las aulas de educación primaria.....	54

2.2.2.1 Conocimiento de los niños y niñas: sus ideas previas, características psicoevolutivas, emociones, valores y actitudes.....	56
2.2.2.2 Creencias, emociones, y actitudes de los maestros respecto a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.....	60
2.2.3 El aprendizaje de las ciencias basado en el desarrollo de la competencia científico-tecnológica y su relación con el currículo español.....	63
2.3 LA FORMACIÓN DEL MAESTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA	74
2.3.1 La formación de maestros en España. Análisis crítico del currículo.....	74
2.3.2 El conocimiento didáctico del contenido (CDC) entendido como constructo para analizar la competencia docente en la enseñanza de las ciencias	91
2.3.2.1 Estructura del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC).....	93
2.3.2.2 El Conocimiento del Contenido (CC) de los maestros y su relación con la enseñanza de las ciencias	96
2.3.2.3 El Conocimiento sobre la Naturaleza de las Ciencias (NdC) de los maestros(as) y su relación con la enseñanza de las ciencias	100
2.3.2.4 Estudios sobre el CDC de ciencias de los maestros y maestras	107
2.4 FUNDAMENTOS DE UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON EL MODELO DE APRENDIZAJE POR INDAGACIÓN.	111
2.4.1 Breve reseña histórica sobre el uso de la Indagación como modelo de aprendizaje.....	113
2.4.2 Características de la Indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje	117
2.4.3 Qué dicen las investigaciones actuales sobre la formación inicial del maestro que ha de enseñar Ciencias.....	132
2.5 UNA PROPUESTA DE FORMACIÓN PARA LOS FUTUROS MAESTROS PARA FOMENTAR LA INDAGACIÓN COMO MODELO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.....	137
2.5.1 Qué dimensiones consideramos que no pueden estar ausentes en la formación de maestros y maestras que han de enseñar ciencias en Educación Primaria.	137
2.5.2 Planificación de la propuesta de programación del currículo de la asignatura de Didáctica de las Ciencias en el tercer curso de Magisterio (Especialidad de Educación Primaria)	151
2.5.2.1 Temporalización	151
2.5.2.2 Objetivos de la asignatura	151
2.5.2.3 Contenidos a trabajar	152

2.5.2.4 Metodología y sistema de evaluación	153
2.5.3 Descripción del programa de formación propuesto y desarrollo de las sesiones	154
2.5.3.1 Desarrollo de las sesiones en la Fase 1	156
2.5.3.2 Desarrollo de las sesiones en la Fase 2	160
2.5.3.3 Desarrollo de las sesiones en la Fase 3	164
CAPÍTULO 3: FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN	169
3.1 INTRODUCCIÓN	171
3.2 MARCO TEÓRICO DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL EMPLEADO HABITUALMENTE EN UNA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN	172
3.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	175
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUIDO EN LA IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE MODELO DE FORMACIÓN PARA LA CLASE DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES	178
3.4.1 Caracterización de los estudiantes que participaron en la investigación.....	178
3.4.2 Descripción de los instrumentos de recogida de información utilizados y sus criterios de evaluación	179
3.4.2.1 Cuestionario (C-1): de ideas previas sobre la naturaleza de la actividad científica	179
3.4.2.2 Cuestionario (C-2): Análisis metacognitivo de las posibles visiones distorsionadas de ciencia.....	183
3.4.2.3 Documentos escritos (E-1a y E-1b): de ideas espontáneas sobre el contenido científico a enseñar	184
3.4.2.4 Documento escrito (E-2) de ideas previas sobre cómo enseñar el contenido elegido.....	188
3.4.2.5 Documento escrito (E-3) de reflexiones por equipo respecto al modelo de indagación.....	189
3.4.2.6 Cuestionario (C-3): Para valorar las secuencias de aprendizaje diseñadas por cada equipo.....	190
3.4.2.7 Cuestionario (C-4): Para valorar la actuación de los maestros y maestras en formación durante la implementación en los colegios.	192
3.4.2.8 Cuestionario (C-5): Fichas de trabajo para los niños y niñas de las escuelas en donde se implementaron las secuencias diseñadas por los maestros en formación. .	195
3.4.2.9 Cuestionario (C-6): de reflexión y valoración final del programa de formación.	198

3.4.2.10 Grabaciones G-1 hasta G-5.....	201
CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL EQUIPO 1: EL CASO DE LA SECUENCIA DE APRENDIZAJE SOBRE EL SONIDO	203
4.1 INTRODUCCIÓN	205
4.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIANTES DEL EQUIPO 1 RESPECTO AL CONOCIMIENTO DE LA DISCIPLINA.....	206
4.2.1 ¿Qué visiones deformadas sobre la actividad científica se presentan en los estudiantes del equipo 1?	207
4.2.1.1 Ideas espontáneas que tienen los estudiantes del equipo sobre la visión elitista-individualista y empiro-inductivista del trabajo científico	207
4.2.1.2 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión descontextualizada de la ciencia.....	216
4.2.1.3 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión rígida-algórica y la visión aproblemática-ahistórica de la actividad científica	218
4.2.1.4 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión acumulativa y de crecimiento lineal de la ciencia.....	221
4.2.2 ¿Qué conocimientos previos tienen los estudiantes del equipo 1 sobre el contenido a enseñar (el sonido y sus características)?	224
4.3 RESULTADOS DE LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO 1 RESPECTO A CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS	236
4.3.1 ¿Qué ideas espontáneas presentan los integrantes del equipo 1 con respecto a la metodología científica?.....	237
4.3.2 ¿Qué ideas presentan los integrantes del equipo 1 con respecto a cómo enseñar el sonido y cómo se transmite?.....	242
4.3.3 Presentación y discusión sobre el modelo de aprendizaje basado en la indagación.....	248
4.4 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS NIÑOS Y NIÑAS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA SOBRE SONIDO Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	255
4.5 RESULTADOS RESPECTO A LA VALORACIÓN Y REFLEXIÓN FINAL DE LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO SOBRE EL PROYECTO REALIZADO DURANTE EL CUATRIMESTRE.....	266
4.5.1 El caso de Lucía.....	267
4.5.1.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	269
4.5.1.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	273
4.5.1.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	276

4.5.2 El caso de Ana	279
4.5.2.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	280
4.5.2.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	284
4.5.2.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	286
4.5.3 El caso de Paula.....	289
4.5.3.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	290
4.5.3.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	293
4.5.3.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	295
4.6 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL EQUIPO 1.....	298
CAPÍTULO 5: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL EQUIPO 2: EL CASO DE LA SECUENCIA DE APRENDIZAJE SOBRE EL CALOR Y LA TEMPERATURA	311
5.1 INTRODUCCIÓN	313
5.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIANTES DEL EQUIPO 2 RESPECTO AL CONOCIMIENTO DE LA DISCIPLINA.....	314
5.2.1 ¿Qué visiones deformadas sobre la actividad científica se presentan en las estudiantes del equipo 2?	314
5.2.1.1 Ideas espontáneas que tienen los estudiantes del equipo sobre la visión elitista-individualista y empiro-inductivista del trabajo científico	315
5.2.1.2 Ideas previas de las estudiantes del equipo respecto a la visión descontextualizada socialmente de la ciencia.....	323
5.2.1.3 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión rígida-algórica y la visión aporética-ahistórica de la actividad científica	325
5.2.1.4 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a visión acumulativa y de crecimiento lineal de la ciencia.....	328
5.2.2 ¿Qué conocimientos previos tienen las estudiantes del equipo 2 sobre el contenido a enseñar (Calor y temperatura)?	332
5.3 RESULTADOS DE LAS INTEGRANTES DEL EQUIPO 2 RESPECTO A CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS	352
5.3.1 ¿Qué ideas espontáneas presentan las integrantes del equipo 2 con respecto a la metodología científica?.....	352
5.3.2 ¿Qué ideas presentan las integrantes del equipo 2 con respecto a cómo enseñar sobre la temperatura y calor?.....	358
5.3.3 Presentación y discusión de resultados sobre el modelo de aprendizaje basado en la indagación.....	366

5.4 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS NIÑOS Y NIÑAS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA SOBRE CALOR Y TEMPERATURA.....	376
5.5 RESULTADOS RESPECTO A LA VALORACIÓN Y REFLEXIÓN FINAL DE LAS INTEGRANTES DEL EQUIPO SOBRE EL PROYECTO REALIZADO DURANTE EL CUATRIMESTRE.....	391
5.5.1 El caso de Esther.....	391
5.5.1.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	394
5.5.1.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	396
5.5.1.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	399
5.5.2 El caso de María.....	402
5.5.2.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	403
5.5.2.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	406
5.5.2.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	409
5.5.3 El caso de Clara.....	412
5.5.3.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	413
5.5.3.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	417
5.5.3.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	420
5.5.4 El caso de Almudena.....	423
5.5.4.1 Respecto al conocimiento de la disciplina	424
5.5.4.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación.....	427
5.5.4.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente	432
5.6 SÍNTESIS SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL EQUIPO 2.....	436
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS	453
6.1 INTRODUCCIÓN	455
6.2 RECAPITULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y RESULTADOS OBTENIDOS AL CUESTIONARLAS	455
6.2.1 Conclusiones respecto a H1.....	457
6.2.1.1 Respecto a la evolución de las ideas, de los 7 maestros en formación, sobre NdC:.....	458
6.2.1.2 Respecto a la evolución de las ideas, de los 7 maestros en formación, sobre el contenido a enseñar:	461
6.2.2 Conclusiones respecto a H2.....	464
6.2.2.1 Respecto a la Indagación como modelo de aprendizaje	465

6.2.2.2 Sobre el análisis crítico y percepción favorable o desfavorable del programa de formación utilizado en la facultad:.....	473
Papel de la estructura general y organización del modelo de acción o programa de formación.....	473
Papel del trabajo en equipos colaborativos.....	475
Papel de la tutorización por parte de las profesoras tutoras	477
6.2.2.3 Sobre los resultados obtenidos a partir de la implementación (en los colegios) de las secuencias de aprendizaje diseñadas por los estudiantes de magisterio:	479
Respecto al Equipo 1.....	480
Respecto al Equipo 2.....	482
Respecto a los dos equipos.....	483
6.3 PERSPECTIVAS FUTURAS DEL TRABAJO	485
BIBLIOGRAFÍA.....	487
ANEXOS	519
Anexo 1: Diapositivas usadas en las sesiones 1 y 2.	520
Anexo 2: Ejemplo de diapositivas usadas para el seminario y debate sobre enseñanza basada en competencias.	523
Anexo 3: Ejemplos de diapositivas usadas para el seminario-taller de importancia de las ideas previas.	525
Anexo 4: Ejemplo de diapositivas para mostrar cómo trabajar un contenido con base en actividades que fomenten el análisis crítico.	527
Anexo 5: Actividad con la que se introdujo la indagación como modelo de aprendizaje y se discutió posteriormente las características de la misma.	529
Anexo 6: Secuencia diseñada por el equipo 1, hilo conductor y guion de cuestiones sobre el sonido y sus características	535
Anexo 7: Secuencia diseñada por el equipo 2, hilo conductor y guion de cuestiones sobre la temperatura y el calor	539
Anexo 8: Guion detallado de la introducción del “Teatro de Pepe”. Implementación de la secuencia del equipo 2.	543

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Algunas características psicoevolutivas a tener en cuenta en la enseñanza de las ciencias PP. 256-260 (Valcárcel y Sánchez, 2004)	59
Cuadro 2: Objetivos deseables a desarrollar en la competencia científica (Pedrinaci, 2012; NRC, 2012; NGSS, 2013)	66
Cuadro 3: Planes de estudio de Magisterio de las 3 universidad públicas en la Comunidad Valenciana (descargados de las webs oficiales de cada universidad)	88
Cuadro 4: Hoja de ruta del programa de formación diseñado para la asignatura de didáctica de las ciencias experimentales de la Universidad de Valencia (tercer curso).....	155
Cuadro 5: Ideas deseables de NdC para valorar las ideas previas de los estudiantes de magisterio.	182
Cuadro 6: Posibles visiones deformadas de la ciencia que pueden tener, o haber superado, los maestros en formación. Tomado de Fernández et al. (2005, pág. 44).....	183
Cuadro 7: Ideas básicas que debería vislumbrarse en E-1b del equipo 1 (tema: Sonido y fenómenos acústicos) y para guiar la discusión a llevarse a cabo en la tutoría 1.....	186
Cuadro 8: Ideas básicas que debería vislumbrarse en E-1b del equipo 2 (tema: Calor y Temperatura) y para guiar la discusión a llevarse a cabo en la tutoría 1.....	187
Cuadro 9: Criterios de valoración para las ideas manifestadas en el instrumento E-2.	189
Cuadro 10: Matriz de evaluación (C-3) de las secuencias de enseñanza-aprendizaje diseñadas (entregadas en documento PDF por cada uno de los equipos).	191
Cuadro 11: Matriz de valoración (C-4), de la actuación de los maestros(as) en formación durante la implementación de la secuencia (en los colegios).....	193
Cuadro 12: Ideas científicas para contrastar con los aportes provenientes de la grabación G-4 y C-5.1.....	196
Cuadro 13: Ideas científicas para contrastar con los aportes provenientes de la grabación G-4 y C-5.2.....	198
Cuadro 14: Ideas favorables respecto al modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias basado en la indagación y programa de formación de maestros.....	201
Cuadro 15: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre las visiones deformadas de la actividad científica, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.	299
Cuadro 16: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre el conocimiento del contenido científico a enseñar, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.....	302
Cuadro 17: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre el al papel de la hipótesis y el experimento, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.	304

Cuadro 18: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre el conocimiento del aprendizaje como indagación, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.	306
Cuadro 19: Síntesis de resultados de las estudiantes del equipo 2 respecto a las visiones deformadas de la actividad científica, antes y después del programa de formación inicial. ...	437
Cuadro 20: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 2 respecto al conocimiento del contenido científico a enseñar, antes y después del programa de formación inicial.	440
Cuadro 21: Síntesis de resultados de las estudiantes del equipo 2. Respecto al papel de la hipótesis y el experimento.	443
Cuadro 22: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 2, respecto al conocimiento de la indagación como modelo de aprendizaje, antes y después del programa de formación inicial.	445

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuestionario C-3 de valoración de la secuencia diseñada por el equipo 1.....	254
Tabla 2: Cuestionario C-4 de Lucía. Para valorar el uso del modelo de indagación.....	268
Tabla 3: Cuestionario C-4 de Ana. Para valorar el uso del modelo de indagación.	279
Tabla 4: Cuestionario C-4 de Paula. Para valorar el uso del modelo de indagación.....	289
Tabla 5: Cuestionario C-3 de valoración de la secuencia diseñada por el equipo 2.....	374
Tabla 6: Cuestionario C-4 de Esther. Para valorar el uso del modelo de indagación.	392
Tabla 7: Cuestionario C-4 de María. Para valorar el uso, del modelo de indagación	402
Tabla 8: Cuestionario C-4 de Clara. Para valorar el uso del modelo de indagación	413
Tabla 9: Cuestionario C-4 de Almudena. Para valorar el uso del modelo de indagación.....	423

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de desarrollo de una acción competente (Zabala & Arnau, 2007)	67
Figura 2: Organización del currículo de Educación Primaria en España (RD 1513/2006).....	69
Figura 3: Modelo del Conocimiento del profesor de ciencias, modificado por Grossman, 1990 y Magnusson et al., 1999. Tomado de Abell (2007) pp. 1107.....	94
Figura 4: Características de la Indagación en Enseñanza de las Ciencias para la Educación Primaria. Tomado del proyecto Pollen (Worth, Duque y Saltiel, 2009, pág. 10).....	133
Figura 5: Exigencias para un modelo de formación del maestro, basado en la indagación. Tomado de Martínez-Chico et al. (2014b) pp. 161.....	134
Figura 6: Dimensiones que pueden contribuir al desarrollo de la competencia en enseñanza de las ciencias (CDC).....	139
Figura 7: Calendario oficial curso 2012-2013.....	151
Figura 8: Presentación de las Unidades de contenidos a trabajar.....	153
Figura 9: Instrumento E-1a para identificar algunas ideas previas sobre el contenido a enseñar...159	
Figura 10: Cuestionario C-1 para conocer las ideas de los estudiantes de magisterio respecto al conocimiento y actividad científica	180
Figura 11: Cuestionario C-2 de análisis metacognitivo sobre visiones deformadas de la actividad científica	184
Figura 12: Instrumento E-1a: para identificar algunas ideas previas sobre el contenido a enseñar.	185
Figura 13: Instrumento E-2: documento de ideas previas respecto a cómo enseñar el contenido elegido.....	189
Figura 14: Instrumento E-3 de reflexión por equipos sobre la actividad basada en la indagación.190	
Figura 15: Cuestionario C-5.1: Ficha de trabajo propuesta por el equipo 1	196
Figura 16: Cuestionario C-5.2: Ficha de trabajo propuesta por el equipo 2	197
Figura 17: Cuestionario final C-6 de reflexión y valoración del programa de formación en el que los maestros en formación han participado	199
Figura 18: Imagen extraída del simulador para trabajar el concepto de onda de presión.....	234
Figura 19: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a la pregunta 1(N=44).....	258
Figura 20: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a las preguntas 2 (N=34) y 3 (N=44).	260
Figura 21: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a las preguntas 4 (N=35) y 5 (N=36).	263
Figura 22: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a la pregunta 6 (N=39).....	265
Figura 23: Simulación para trabajar el concepto de energía interna.....	344
Figura 24: Simulación para trabajar el concepto de energía interna.....	346
Figura 25: Simulaciones para trabajar la idea del principio de conservación de energía.....	347
Figura 26: Sistema utilizado para experimento sobre principio de conservación de energía.....	348
Figura 27: Simulaciones para trabajar la idea de temperatura y su relación con la Ec.	349
Figura 28: Simulación para trabajar la idea de calor.	350

Figura 29: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=23) a la pregunta 1.....	377
Figura 30: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=23) a la pregunta 2 y 3.	381
Figura 31: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=31) a la pregunta 4.....	384
Figura 32: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=23) a la pregunta 5.....	389

INTRODUCCIÓN GENERAL Y PRESENTACIÓN

La presente investigación tiene como finalidad presentar y valorar los resultados obtenidos a partir del diseño e implementación de un programa de formación donde se utilizan diferentes estrategias para facilitar la inmersión de los futuros maestros y maestras en el uso de la indagación como modelo de aprendizaje de las ciencias en Educación Primaria. Con ello, pretendemos facilitar su conocimiento y experiencia en la praxis de una metodología de enseñanza-aprendizaje innovadora.

Así mismo, también es objetivo de esta investigación, mostrar si el impacto de las estrategias diseñadas y utilizadas en el aula de magisterio, ha influido positivamente en su formación y posible desarrollo de su competencia en enseñanza de las ciencias y en su percepción sobre la indagación como modelo de aprendizaje. Dicho programa de formación se ha implementado durante el curso 2012-2013, en la facultad de Magisterio de la Universidad de Valencia, específicamente, en el tercer curso de la carrera de Magisterio, en la asignatura de Didácticas de las Ciencias.

El interés por estudiar un programa de formación inicial en el que los estudiantes universitarios vayan más allá de la participación en seminarios o clases de estilo tradicional, radica en la gran importancia de crear entornos de aprendizaje donde los futuros maestros(as) puedan, en verdad, pensar, estudiar, criticar y discutir sobre sus ideas respecto a qué es enseñar, qué implica enseñar ciencias, qué contenidos enseñar y cómo enseñarlos. Es decir, que puedan practicar con herramientas didácticas que les permitan favorecer su competencia docente en enseñanza de las ciencias, concebida esta, como el “saber hacer en contexto” y la habilidad para contribuir día a día en el desarrollo de su “conocimiento didáctico del contenido”.

En particular, se trata de conseguir que sean capaces de reconocer, integrar y reflexionar en torno a su conocimiento sobre los contenidos científicos, sus estudiantes (intereses, ideas previas, preocupaciones, etc) y su contexto (escuela, comunidad, valores, etc.) e iniciarles en cómo enseñar dichos contenidos científicos, planificando y diseñando secuencias de aprendizaje basadas en modelos de aprendizaje (como la indagación) para que las niñas y niños puedan, a su vez, desarrollar competencias científicas (OCDE, 2006a; Abell, 2007; Rocard et al., 2007; NCB, 2009; NGSS, 2013). Así pues, se plantean a continuación tres puntos que permiten justificar la relevancia de este trabajo de investigación y, un cuarto apartado donde se presenta el índice de esta memoria:

Importancia de que los futuros maestros adquieran habilidades metodológicas sugeridas en los resultados de investigación.

Desde hace varios años se viene planteando en varias investigaciones la importancia de replantear la enseñanza en las aulas universitarias, por ejemplo, en Forbes (2009, 2013) y Forbes y Biggers (2012) se muestra que al enseñar a los futuros maestros(as) nuevas metodologías de enseñanza como la indagación y su abordaje en el currículo de ciencias, se generan oportunidades para que los futuros maestros desarrollen una amplia variedad de habilidades didácticas y pedagógicas para enseñar ciencias.

Igualmente, en trabajos como los de Smith y Neale (1989) y Smith (2002) se evidencia que a los estudiantes de magisterio es tan necesario enseñarles los contenidos científicos a la par que permitirles realizar una inmersión en metodologías de enseñanza para implementar dichos contenidos en el aula. En sus estudios revelan cuán importante es permitir a los futuros maestros debatir en grupos de trabajo en torno a un concepto científico, para poder ser enseñado. En estos espacios es donde se reconocen las concepciones de enseñanza, las propias ideas previas sobre los conceptos científicos y el conocimiento en general que pueden o no tener los futuros maestros.

Como es bien sabido desde hace décadas, investigaciones a nivel mundial, muestran que, así como los alumnos llegan a clase con ideas personales respecto a los fenómenos, los profesores(as) de ciencias también desarrollan sus propias concepciones frente a la enseñanza, la evaluación y el aprendizaje de los diferentes contenidos específicos (Abd-El-Khalick, 2013; Abell y Smith, 1994; Furió y Carnicer, 2002b; Pozo et al., 2006) y por ello se hace necesario que durante su formación estas ideas sean no sólo discutidas sino analizadas metacognitivamente (Flavell, 1976; Campanario y Otero, 2000) para que les sirvan como base de conocimiento para su *quehacer* profesional .

También como señalan Rivero et al. (2013), Couto et al. (2013) y Martínez-Chico et al. (2014a) en España es necesario discutir en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, *qué se hace, cómo se hace, por qué se hacen* los programas universitarios de la forma en que se hacen y, *qué pruebas se tienen* de que “funcionan” en la formación inicial de maestros. Puesto que, como afirma Martínez-Chico et al. (2014a, 2014b) supone un reto para el futuro del área y la discusión explícita sobre la práctica docente en las aulas de formación inicial de maestros.

En otros países también estas mismas reflexiones están a la orden del día, en investigaciones como las de Appleton (2003; 2008; 2013) se muestra la necesidad

urgente de enseñar en las facultades de magisterio de forma tal que se pueda aportar a los futuros maestros claridad y colaboración para familiarizarse y dominar el currículo, ayudarles a comprender y desarrollar su conocimiento base necesario para planificar actividades de aprendizaje que realmente contribuyan al desarrollo de competencias en los niños y niñas.

Necesidad de impulsar la reflexión didáctica explícita en los futuros maestros y maestras.

Sin embargo, durante la formación inicial y continua del profesor de ciencias, dichas visiones raramente son consideradas y, en consecuencia, no se les prepara para asumir puntos de vista críticos frente al saber, y mucho menos frente a su *quehacer* profesional, lo cual sería posible si durante los cursos de formación inicial y continua, hubiese espacios para la reflexión, la interacción social y la regulación de aprendizajes de manera permanente. Como se menciona en Lieberman y Pointer (2008) *“El aprendizaje del profesorado no sólo es individual sino fundamentalmente social y a través de la experiencia y la práctica”* la formación del profesorado, por tanto, debe partir de sus propias inquietudes, preocupaciones y visiones de lo que se supone debe enseñar.

En este sentido y como indican Furió, Solbes y Furió (2008, pp. 65) es necesario proponer programas eficaces en la formación de los maestros y profesores de ciencias en los que se utilicen, entre otras, *estrategias de reflexión didáctica explícita* que cuestionen el carácter “natural” de lo que siempre se ha hecho en el pasado. Así mismo se hace necesario el trabajo en grupos que promueva la búsqueda compartida de soluciones y alternativas para el desarrollo de acciones de mejora, lo que finalmente permite el trabajo cooperativo entre compañeros/as que se apoyan y se aceptan como interlocutores críticos que pueden llegar a evaluar y co-evaluar sus saberes, o lo que es lo mismo, desarrollar habilidades metacognitivas (Gunstone y Northfield, 1994).

Como también se plantea en García y Sanmartí (2006), cada futuro(a) profesor(a) al poder trabajar en el espacio de sus concepciones y de sus prácticas toma conciencia de ellas y las vincula a un referencial teórico que deriva en decisiones fundamentadas, es decir, que se plantea una práctica docente crítica-reflexiva. Por otra parte, en la toma de conciencia de los “¿por qué?”, “¿para qué?” y “¿cómo?”, se desarrollan habilidades metacognitivas que, a su vez, permiten la auto-regulación y co-regulación conceptual, procedimental y actitudinal de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, su base teórica, praxiológica y pragmática.

Las nuevas metodologías de enseñanza como posible solución al actual déficit de interés de los niños y niñas por la ciencia.

Por otra parte, es bien sabido que el mundo que nos rodea se explica por medio de la ciencia, y cada vez más su influencia en nuestras vidas es indiscutible. La ciencia sirve, es útil, es una parte insoslayable del avance de la sociedad, no solo en los términos abstractos del “conocimiento” sino también en cuanto al uso y aplicaciones cotidianas del mismo, por ello es tan importante promover en los alumnos y alumnas, ya desde los primeros ciclos escolares, el aprecio, el interés y el conocimiento del mundo que les rodea, así como contribuir al desarrollo de sus capacidades de indagación y toma de decisiones frente a una situación dada (Metz, 1995, 2004, 2010; NRC, 2000, 2012; Schwarz y Gwekwerere, 2007; Schwarz et al., 2009a; de Pro Bueno, 2010).

También informes como el de la OCDE (2006a) identifica el papel decisivo que tiene el contacto positivo con la ciencia a edades tempranas, ya que influye en la ulterior formación de actitudes hacia la misma. Así mismo, en el informe Rocard, et al. (2007) se menciona dicha importancia y además se recomienda prestar especial atención en aumentar la participación de las niñas y las adolescentes en los temas científicos y en elevar su autoconfianza en ciencias, así como también el uso de metodologías innovadoras de enseñanza para garantizar tales objetivos. Pocas experiencias pueden ser tan estimulantes para el desarrollo de las capacidades intelectuales y afectivas de los niños como aquellas que los ponen en contacto con el mundo natural (Metz, 2008).

Para familiarizarse con los fenómenos, seres y objetos de la naturaleza, conviene aprender a observarlos, a preguntarse cómo son, qué les ocurre y de qué manera se relacionan entre sí. El contacto con el mundo natural se ve favorecido por la tendencia de las niñas y los niños a explorar lo que les rodea. Desafortunadamente la curiosidad va disminuyendo cuando los niños se encuentran con la indiferencia y la desaprobación de los adultos o con una educación escolar rutinaria, memorística y carente de vitalidad.

El estudio de las ciencias naturales en la escuela primaria puede encauzar la curiosidad en torno a la naturaleza y ayudar a los niños a desarrollar y poner en práctica, de manera sistemática, múltiples capacidades y hábitos: formular preguntas interesantes e imaginativas, observar con precisión creciente, realizar experimentos sencillos, leer comprensivamente, buscar información, elaborar explicaciones sencillas y fundamentadas, entre otras.

Sin embargo, pese a que las investigaciones desde hace más de dos décadas evidencian la necesidad de cambios en la forma de enseñar, estos no se ven actualmente en la enseñanza de las ciencias en educación primaria y, por tanto, en las percepciones que tienen los niños(as) sobre la ciencia al terminar la etapa primaria. Por ejemplo, en el trabajo de Verde et al. (2013) realizado en Valladolid, se encuentra que los niños y niñas no tienen especial predilección por el Conocimiento del Medio. Un alto porcentaje opinan que las ciencias no les han hecho más curiosos, tampoco ha aumentado su interés por la naturaleza y no les ha enseñado a expresar sus opiniones.

Por otra parte, también encuentran que “definitivamente” no les gustaría ser científicos, y sólo un 2,1% de los alumnos estarían muy satisfechos con esta profesión. Estos resultados, aunque preocupantes, coinciden con resultados de otras investigaciones realizadas también en España (Vázquez y Manassero, 2008; Marbà-Tallada y Márquez, 2010) que indican que al finalizar la etapa primaria no se puede hablar de una desafección generalizada hacia las ciencias, pero sí de un gusto moderado e incluso de un ligero rechazo, que además irá en aumento entre 1º y 3º de ESO.

Lo mismo evidencian estudios internacionales a gran escala como los informes Rocard et al. (2007) y Nuffield Foundation (escrito por Osborne y Dillon en 2008), donde, por ejemplo, se destaca el declive alarmante del interés de los jóvenes por los estudios científicos y matemáticos. casi un 60% de los encuestados atribuía el descenso de dicho interés a que *“las clases de ciencias no eran lo suficientemente atractivas”*. En esta misma línea, el Eurobarómetro de 2005 indica que sólo el 15% de los europeos están *“satisfechos con la calidad de las clases de ciencia en la escuela”*.

Lo que ponía de manifiesto la necesidad de modificar con urgencia cómo se enseñan las ciencias en los centros de primaria y secundaria europeos y el papel fundamental del profesor en la renovación de la enseñanza de las ciencias. Se concluye que son varios los aspectos a tener en cuenta para garantizar que los profesores desempeñen adecuadamente su labor, entre los aspectos más cruciales se encuentran: 1) las aptitudes de los profesores (en cuanto a contenido y didáctica), 2) la confianza en su propia capacidad y autoestima 3) la motivación y 4) la integración en una comunidad mayor.

Al parecer, el modelo de enseñanza tradicional -y sus ventajas y desventajas- persiste en las aulas, lo mismo ocurre con resultados mostrados en otras investigaciones en secundaria y nivel universitario (Solbes, et al. 2004; Merchán, 2005). Al parecer, *“la omnipresente transmisión de conocimientos ya elaborados, las colecciones de ejercicios resueltos como “no problemas” y las “prácticas de laboratorio” desarrolladas a modo de recetas y desligadas de la estructura lógica de las asignaturas (con mayor o menor apoyo*

de las “nuevas tecnologías”), parecen insustituibles, por diversas razones, entre las que juega un papel importante otro aspecto del pensamiento docente espontáneo y que consiste en desligar completamente enseñanza e investigación” (Gil y Vilches, 2008).

Indexación de los contenidos de la memoria de investigación.

Para un mejor entendimiento de este trabajo de investigación, a continuación, se muestra, de forma breve, la organización del contenido de esta memoria de trabajo: En el capítulo 1 se justificará el interés de esta investigación y se planteará cuál es el problema abordado. En el capítulo 2 se presentará el marco teórico que fundamenta el programa de formación propuesto para futuros maestros que han de enseñar ciencias en Primaria. En el capítulo 3 se incluirá el diseño experimental basado en tres hipótesis que se pondrán en cuestión para su evaluación en los capítulos 4 y 5 y, finalmente, se presentarán las conclusiones en el 6.

A continuación, se procederá a ampliar los contenidos de los seis capítulos de la memoria: *En el primer capítulo* se planteará el problema de esta investigación que tiene por objeto proponer un nuevo programa de formación de los futuros maestros y maestras que han de enseñar Ciencias en la Educación Primaria teniendo en cuenta los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Al final de este capítulo se ha sintetizado el problema de esta investigación-acción en forma de un objetivo general relativo al diseño e implementación de una nueva propuesta de formación de los estudiantes universitarios de Magisterio que han de enseñar Ciencias y cuatro específicos relativos a la implementación y valoración de la propuesta no solo por los investigadores sino también por los propios estudiantes de Magisterio que la han experimentado.

El segundo capítulo se dividirá en dos grandes partes, la primera mostrará los referentes teóricos que dan cuenta de la importancia de la enseñanza de las ciencias en la Educación Primaria y, en especial, se mostrará un análisis crítico de la enseñanza habitual de las ciencias en Educación Primaria. En la segunda parte del capítulo se mostrarán los referentes teóricos respecto a la formación de maestros(as), nos centraremos primero en mostrar un análisis crítico de la formación de maestros(as) en España y, en segundo lugar, se mostrará la revisión y soporte teórico referente al desarrollo del CDC, que para nuestra investigación se constituye en la base teórica que permitió plantear el programa de formación inicial que hemos propuesto.

En tercer lugar, se mostrará la revisión y soporte teórico referente a la enseñanza de las ciencias basada en el desarrollo de la competencia científica y su relación con la indagación como modelo de aprendizaje, dado que, como explicábamos más arriba, una

de las dimensiones a trabajar con el futuro maestro es el conocimiento e inmersión en metodologías de enseñanza innovadoras que permitan desarrollar competencias científicas en las niñas y niños. En cuarto lugar, mostraremos las dimensiones que guían la propuesta de formación que se ha planteado como producto del análisis crítico de la revisión teórica realizada, también se realizará una descripción detallada del programa de formación diseñado.

En el tercer capítulo se presentarán las hipótesis derivadas del marco teórico y se mostrará el diseño experimental de la investigación para cuestionar dichas hipótesis. Es decir, se hará una breve explicación de los referentes metodológicos seguidos para cuestionar las hipótesis con el fin de obtener datos y ver si los resultados confirman las hipótesis. También se mostrarán las características de los estudiantes universitarios que participaron en la investigación, así mismo, se indicarán y explicarán, los instrumentos de recolección de datos y los criterios de evaluación de cada uno de ellos.

A continuación, *en los capítulos cuarto y quinto* se mostrarán los resultados, discusiones y análisis pertinentes respecto al estudio de los casos de los miembros de dos de los equipos –de estudiantes universitarios– que participaron en la investigación y, que lograron implementar en los colegios donde hacían las prácticas, las secuencias de enseñanza-aprendizaje diseñadas durante el primer cuatrimestre del curso. Por tanto, también se mostrarán en estos capítulos los resultados obtenidos a partir de dicha implementación. Finalmente, *en el sexto capítulo*, encontraremos las conclusiones y cuestiones pendientes que podrían permitir estudios posteriores, también encontraremos al final de esta memoria las referencias bibliográficas y anexos incluidos.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

1.1 NECESIDAD DE LOGRAR UNA SOCIEDAD BASADA EN EL CONOCIMIENTO Y LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA-TECNOLÓGICA

La ciencia como actividad humana nos ha proporcionado no sólo, una gran cantidad de conocimientos de cómo funciona el mundo natural, sino toda una cultura en torno a ella, que alienta la formación de valores en el ser humano relacionados con su forma de actuar, sentir, argumentar y comunicarse. Las personas nos vemos a diario en situaciones en las que debemos decidir en una gran variedad de asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología; incluso la propia predisposición para participar o no, en las posibles soluciones a problemas de gran actualidad y relevancia y cuyas repercusiones no sólo nos afectan individualmente sino también a nivel global (Bybee, 1991), están relacionadas con el hecho de conocer aspectos científicos del mismo y cómo ello puede, o no, afectar nuestra vida.

Evidentemente, la participación ciudadana en la toma de decisiones no sólo requiere un mínimo nivel de conocimiento científico, sino también un pensamiento crítico, así como habilidades personales y sociales, que por una parte ayuden a desenvolvemos en una sociedad que crece en complejidad -y en dependencia de la ciencia y la tecnología (Dimopolous y Koulaidis, 2003)- y por otra parte, haga posible la comprensión de los problemas y posibles soluciones, que se pueden y se deben expresar con un lenguaje accesible, y no ocultarse con el argumento de que ciertos problemas son de una gran complejidad como para que la población general pueda aportar algo sobre los mismos (Gil y Vilches, 2001; Gil, et al. 2005; Harlen, 2010).

Es tan importante actualmente el conocimiento científico que en las cumbres Europeas de Lisboa (PE, 2000) y Barcelona (PE, 2002) se llamó la atención sobre la necesidad de que los países europeos actuaran conjuntamente con el fin de *“convertir Europa en la economía basada en el conocimiento más competitiva del mundo”*. Estas cumbres reconocían la necesidad de tomar medidas para fomentar una sociedad basada en el conocimiento y para promover la educación y la formación científica, reconociendo así que *la prosperidad de Europa en el futuro depende de crear un entorno en el que el uso del conocimiento devenga la piedra angular del desarrollo socioeconómico*.

Frente a estas necesidades de educar para el conocimiento, se han planteado diversas estrategias, la principal de las cuales insiste en que el propósito del proceso de enseñanza y aprendizaje no es tanto el de poblar la memoria con datos provenientes de las distintas disciplinas, sino el de *enseñar a pensar* (Nickerson, et al., 1987; Sternberg y Spear-

Swerling, 1999), entendiendo por esto el lograr que los alumnos incorporen dentro de sí tanto estructuras de pensamiento con las cuales comprendan y expliquen los sucesos naturales, sociales o incluso laborales con los que se enfrentaran, así como también desarrollen una escalas de valores e ideales para que su conducta y comportamiento les ayuden a convivir de mejor manera y a sentirse bien en el ambiente en que se encuentren.

Sin embargo, como se menciona en Gil et al. (2005), una tesis comúnmente aceptada por los diseñadores de currículos y la mayoría de profesores de ciencias, es que la educación científica ha de estar orientada para preparar a los estudiantes como si todos pretendieran llegar a ser especialistas en biología, física o química, y por tanto, sus objetivos prioritarios se centran en que los estudiantes sepan, fundamentalmente, los conceptos, principios y leyes de esas disciplinas, lo que presenta serias inconsistencias con el ideal actual, en el que se plantea como parte de una educación general para todos los futuros ciudadanos y ciudadanas.

Los autores también ponen de manifiesto que una educación científica desde esa visión, centrada casi exclusivamente en los aspectos conceptuales, transmite una visión deformada y empobrecida de la actividad científica, que no sólo contribuye a una imagen pública de la ciencia como algo ajeno e inasequible -cuando no directamente rechazable-, sino que afecta drásticamente el interés de los jóvenes por dedicarse a la misma, como se evidencia en informes tanto europeos como internacionales e investigaciones en el campo de la didáctica (EURYDICE-CE, 1994; 2011; Furió y Vilches, 1997; OCDE, 2006a; Rocard et al., 2007)

En educación primaria el panorama no es diferente, aunque desde hace varias décadas se implementa en todos los países el currículo de ciencias y diferentes informes (OCDE, 2006a; Rocard, 2007) muestran que la enseñanza de las ciencias en esta etapa escolar es importante ya que es una experiencia que le permite a los niños y niñas desarrollar, construir y reconstruir diferentes representaciones de los fenómenos naturales que le rodean, así como desarrollar actitudes y motivaciones ante diferentes procesos cognitivos (Cañal, 2009); varias investigaciones muestran que sus resultados no son los esperados (Osborne y Simon, 1996) y que la enseñanza de las ciencias en las escuelas de primaria, es con frecuencia de baja calidad (Weiss et al., 2003).

Un informe realizado para el *U.S. National Research Council* por Duschl et al.¹ (2007) Indica que aunque se ha mostrado en varios trabajos de investigación que los alumnos

1. Los estudios de este informe fueron principalmente, intervenciones a pequeña escala y a largo plazo que demostraron los profundos efectos en el aprendizaje cuando la enseñanza es bien diseñada y de alta calidad. Solo unos pocos de estos estudios incluían diseños controlados y casi experimentales, pero ninguno fue llevado a cabo a gran escala.

más pequeños tienen la capacidad intelectual para razonar de manera científica, por lo menos de forma causal (Roth, 2002, citado por: Duschl et al., 2007), y son capaces de discriminar entre fuentes confiables y no confiables de conocimiento *“al contrario de lo que se pensaba hace 30 o 40 años, los niños pequeños pueden pensar tanto concretamente cómo de forma abstracta (pp. 3)”* la realidad del trabajo en las aulas de primaria muestra que no se enseña a los niños y niñas en este sentido, al contrario, el trabajo en las aulas de primaria sigue centrándose en gran medida en el discurso rígido del maestro y el libro de texto, lo que señalan algunos informes *“puede menguar el interés en la ciencia y tener un impacto negativo sobre el desarrollo de actitudes hacia el aprendizaje de la misma”* (OCDE, 2006a).

En esta misma línea, trabajos como los de Metz (1995, 1997) muestran que se hace necesario superar ciertas *“generalizaciones y concepciones”* sobre lo que un niño puede o no hacer en su etapa escolar inicial, ya que con frecuencia los programas de educación primaria hacen hincapié en lo "concreto", con un enfoque en los procesos de observación, el orden y clasificación de lo directamente perceptible. Dentro de este enfoque, las ideas abstractas, la planificación de posibles indagaciones y el análisis de sus resultados son en gran parte relegados hasta los grados superiores, y todo ello, debido a las supuestas restricciones de desarrollo en el pensamiento de los niños propuesta por Piaget, que aún siguen teniendo mucho peso en las concepciones docentes sobre enseñanza. Tanto los trabajos de Metz como otros estudios al respecto (Schwarz et al., 2007, 2009a; Zembal-Saul, 2009; Minner, 2010) afirman que los niños que vienen a la escuela tienen la capacidad cognitiva para involucrarse en el aprendizaje de las ciencias más allá de la simple descripción de sus observaciones.

Ante estos resultados, en varios países se realizaron renovaciones y/o modificaciones de los currículos que tienen como propósito mejorar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias para que, por un lado, fomente la formación de ciudadanos científicamente *“alfabetizados”* (Bybee y DeBoer, 1994; NRC, 1996; Gil, et al., 2005) y por otro, aumente la cantidad de jóvenes que estudien carreras relacionadas con el campo científico (Rocard et al., 2007). En Estados Unidos, por ejemplo, la *National Research Council (NRC)*, (2012) y los *Next Generation Science Standards NGSS* (2013) realizan modificaciones importantes a su currículo para estructurar el mismo con base en el desarrollo de competencias científicas y hacer de la indagación la metodología de enseñanza más deseable para impartir ciencias con el fin de que los niños adquieran dichas competencias.

1.2 PROBLEMAS ACTUALES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Cambios similares hacia una enseñanza de las ciencias basada en el desarrollo de competencias y el uso de la indagación o investigación orientada (Furió, 2001; Guisasola et al., 2008; Martínez-Aznar, 2009; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2012) están ocurriendo también en la Unión Europea (PE, 2006; EURYDICE-EC, 2012) y en otros países (Kim et al., 2013; *National Curriculum Board*, NCB, 2009). Sin embargo, pese a los cambios en los currículos y políticas educativas, recientemente, en el capítulo dedicado a Enseñanza de las Ciencias en Primaria del último *Handbook of Research on Science Education* (Roth, 2014) se sigue mostrando que la enseñanza de las ciencias en primaria aún presenta varios problemas importantes en los que hay que trabajar y entre los más relevantes se encuentran:

- a) Se siguen dedicando menos horas lectivas a las clases de ciencias que otras clases como lengua o matemáticas. Muchos maestros deciden incluso omitir temas del currículo de ciencias y utilizar esas horas para adelantar el temario de otras asignaturas. Algunos autores concuerdan en que la falta de confianza en los profesores para enseñar ciencias puede desempeñar un papel en la marginalización de las ciencias en el currículo de primaria (Murphy et al., 2007).
- b) Los programas de estudio de ciencias deberían ser más coherentes y permitir a los alumnos entender unos pocos conceptos centrales de ciencias (Valverde y Schmidt, 2000; Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012). Una adecuada planificación de las clases de acuerdo a unos objetivos marcados y un hilo conductor que guie tanto las discusiones como actividades planteadas es necesario. Ya que en la mayoría de las aulas el desarrollo de la clase no presenta una estructura clara, se centran en una enseñanza pasiva o de activismo ingenuo (*activity for activity's sake*), por lo que la participación del estudiante es mínima y en general, la dinámica en el aula y las preguntas realizadas por los maestros están centradas sobre todo en la respuesta correcta y el discurso del maestro (Hodson, 1996; Weiss et al., 2003; Zabala y Arnau, 2007; Viennot, 2011; Reinsvold y Cochran, 2012).
- c) A menudo, las clases no contribuyen a que los estudiantes interaccionen con el contenido a través de experiencias prácticas relacionadas con los fenómenos, ejemplos del mundo real, u otros contextos de aprendizaje atractivos (Weiss et al., 2003). Tampoco se generan muchos espacios para realizar actividades prácticas basadas en la indagación. Sí que se encuentra una amplia variedad de actividades

prácticas destinadas a clasificar un objeto o conjunto de estos de acuerdo a ciertas características y reproducir u observar fenómenos mencionados anteriormente por el maestro -comprobar la teoría- (Roth et al., 2006).

- d) Aún no se generan suficientes espacios y oportunidades para que los niños y niñas se involucren en debates o discusiones en grupo sobre temas de ciencia cercanos a su entorno o de aplicación en la vida real (Posner, et al. 1982; Driver, et al. 1994, citados por: Roth et al., 2006) que permitan desarrollar su habilidad argumentativa (Michaels y O'connor, 2012; Chapin et al., 2009; Jiménez-Aleixandre, et al., 2009) y la necesaria reflexión metacognitiva del aprendizaje (Jorba y Casellas, 1997).
- e) Los maestros tienen problemas o bien en el conocimiento de estrategias de enseñanza o bien en la implementación de las mismas. Ya en Duschl et al. (2007) se recomendaba que el maestro debería conocer estrategias diversas para trabajar en el aula de acuerdo a sus necesidades. Centrarse en aprender a implementar de forma efectiva un pequeño número de estrategias para que con el tiempo pueda perfeccionar el uso de las mismas e incluir otras nuevas. No tiene ningún sentido que el maestro utilice un número elevado de estrategias, las cuales no controla o no puede aprovechar al máximo porque desconoce cómo pueden ayudarle a evaluar el trabajo de los estudiantes o cómo pueden ayudarles a los estudiantes a alcanzar sus objetivos.
- f) Aunque existe una gran cantidad de avances tanto en investigación didáctica como políticas educativas, es muy escasa la incidencia que tienen dichos trabajos sobre la enseñanza de las ciencias en las aulas reales de primaria y se hace necesario que los maestros participen de la misma investigación didáctica (Forbes, 2009). Hay autores en España que también plantean la necesidad de hacer partícipe al profesorado en la investigación de los problemas que le suscita la enseñanza-aprendizaje de un determinado tema (Furió y Gil, 1999; Guisasola y Pérez de Eulate, 1999; Guisasola et al., 2001; Furió y Carnicer, 2002a).

1.3 ¿CÓMO MEJORAR LA FORMACIÓN CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA DE LOS FUTUROS(AS) MAESTROS(AS)?

Parece pues evidente, que las modificaciones actuales de los currículos, en sí mismas, no tienen sentido si no van acompañadas de una fuerte labor de formación que permita tanto a los maestros en activo como futuros maestros conocer, estructurar, reestructurar y analizar metacognitivamente su labor de acuerdo a tres pilares fundamentales en los que se basa la alfabetización científica actual:

1.3.1 El conocimiento y desarrollo de competencias científicas y tecnológicas.

Investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias están mostrando que desarrollar una buena competencia científica y tecnológica en el alumnado implica que los niños y niñas adquieran los siguientes componentes estructurantes (y que, por supuesto, también han de ser adquiridos por los futuros maestros):

- i) El conocimiento de ciencia (C) y tecnología (T) concebido como un conjunto de “*ideas principales o centrales de CyT*” (Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012) que se corresponde tradicionalmente con el aprendizaje significativo de los conceptos, principios y procesos con los que la CyT interpretan los fenómenos naturales. Esto es, discriminar entre aquello que es esencial y lo que no lo es, justificando la presencia de un contenido por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema y no por haber figurado tradicionalmente en los programas de enseñanza (Pedrinaci et al., 2012).
- ii) El conocimiento “*sobre o acerca de la CyT*” que se concibe como las formas con las que se construye y valida el conocimiento de CyT. Esta segunda componente habitualmente denominada *naturaleza del conocimiento científico y tecnológico (NdCyT)* o *NOS* -En Inglaterra- ha de estar explícita e integrada en cualquier proyecto curricular que pretenda capacitar al alumno en la adquisición de una cultura científica (Lederman, 1992; Lederman et al., 1994; Lederman, 2001, 2007).

De hecho, estas dos dimensiones hace años que aparecen como referencia en la mayor parte de las reformas curriculares de muchos países (Vázquez y Manassero, 2012, 2016), pero la integración de la segunda en las innovaciones docentes, en realidad, constituye un gran reto en la educación científica (Lederman, 2007; Hodson D. , 2008).

- iii) El conocimiento de las “*prácticas y habilidades de razonamiento científico*” que según los (NGSS, 2013; NRC, 1996, 2000, 2012) -evidentemente, tendrá un grado de complejidad diferente según la edad de los estudiantes- se pueden resumir en:
- Hacer preguntas y definir problemas.
 - Desarrollar y aplicar modelos.
 - Planificar y realizar indagaciones
 - Analizar e interpretar datos.
 - Usar las matemáticas y pensamiento computacional.
 - Construir explicaciones y diseñar soluciones.
 - Lograr argumentaciones a partir de la evidencia.
 - Obtener, evaluar y comunicar información.
- iv) El conocimiento de valores éticos (axiológicos) y actitudes que les permitan mejorar su desempeño en la sociedad. Dichas actitudes, se esperaría que fuesen encaminadas hacia las implicaciones sociales de la ciencia (actitud crítica ante los problemas que plantea el desarrollo de la ciencia, la defensa del medio ambiente, hábitos de conducta y consumo, conocimiento de las relaciones CTSA, etc.) (Solbes y Vilches, 2004; Solbes, 2009).

Las concepciones y conocimientos que puedan tener tanto los maestros en activo como los maestros en formación, de lo que se considera hoy en día la “competencia científica y tecnológica” y el uso de estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje, está claro que afecta su manera de entender todo el proceso educativo, y por tanto, su forma (en el caso de maestros en activo) o futura forma de enseñar (en el caso de los maestros en formación), así como también, su manera de “*evaluar*” lo aprendido por el estudiante.

Trabajos como los de Zabala y Arnau (2007) y Angulo (2012) muestran que al encontrarnos ante un currículo por competencias, que le exigen al profesor tomar decisiones sobre qué ciencia enseñar, cómo y cuándo hacerlo, por qué razones o para atender a qué objetivos², estas decisiones van acompañadas de lo que el profesor(a) considera que es la ciencia, su aprendizaje y su evaluación. A su vez, tales decisiones exigen de parte del profesor, una crítica sobre lo que sabe (o cree saber) de la ciencia, de la enseñanza de las ciencias, así como de su actuación en el aula en beneficio del aprendizaje de sus alumnos.

2. Antes de que aparecieran los currículos centrados en las competencias y los logros de aprendizaje, estas decisiones eran tomadas previamente por las instancias administrativas y los técnicos en currículo, que diseñaban los programas, e incluso, por las editoriales de los libros de texto (Cañas et al., 2007; Angulo, 2012).

1.3.2 El conocimiento y uso adecuado de innovadoras metodologías de enseñanza-aprendizaje.

La existencia de una metodología de enseñanza que permita a los niños y jóvenes desarrollar sus competencias científicas es una de las líneas de investigación trabajada desde hace varios años en el campo de la didáctica de las ciencias. Diferentes investigaciones exponen avances sobre metodologías efectivas de enseñanza-aprendizaje (Furió, 2001; Appleton, 2003; Caamaño y Corominas, 2004; Bybee, 2006; Furió et al., 2005, 2008, 2009; de Pro Bueno, 2011, 2014). De hecho, la investigación en este campo está mostrando que los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza del conocimiento científico cuando participan en procesos de indagación, con suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión y argumentación” (Hodson D. , 2008).

Dicho con otras palabras, “lo que la investigación está mostrando es que la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual y plantear el aprendizaje de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica, que integre los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales” (Gil y Vilches, 2001). También el informe Rocard (2007) señala la importancia de utilizar metodologías de enseñanza que permitan aumentar tanto el interés de los niños(as) y jóvenes, así como la buena disposición de los maestros para enseñar ciencias. Señalan que una metodología que está mostrando buenos resultados es la indagación³, ya que permite desarrollar en los estudiantes competencias científicas al poner el énfasis en trabajar en torno a un problema próximo al contexto del estudiante, se promueve el desarrollo de habilidades para resolver problemas (generar hipótesis, predecir, probar hipótesis, recoger datos, concluir a partir de la evidencia).

Es una metodología que proporciona a los niños oportunidades para desarrollar un elevado número de habilidades complementarias como trabajar en equipo, expresión oral y escrita y experiencia en la resolución de problemas abiertos. Exponen, además, que es una metodología de un éxito considerable con todos los estudiantes, sea cual sea su rendimiento escolar; contribuye a fomentar el interés y la participación femenina en las actividades científicas, no excluye el enfoque deductivo tradicional; al contrario, ambos métodos pueden combinarse según el nivel o la edad de cada grupo.

3. Estas conclusiones se obtuvieron a partir del análisis de los proyectos europeos: Pollen en primaria, y el proyecto Sinus-Transfer para secundaria.

En Europa las iniciativas sobre enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria basadas en la indagación son prometedoras. Nuevos macro proyectos como PROFILES, SAILS, Pathway⁴, PRIMAS o Fibonacci⁵ pertenecientes a los programas EC-FP7 (*European Union's Research and Innovation programmes*)⁶ y HORIZON 2020 muestran resultados interesantes sobre la implementación de dicha metodología. No obstante, no alcanzan una escala suficientemente amplia para tener un impacto sustancial en todos los países miembros. La mayoría de las comunidades educativas están de acuerdo en que una educación científica basada en la indagación es mucho más efectiva, pero la realidad que puede observarse en la mayoría de aulas europeas muestra que no se trabaja de este modo (Rocard et al., 2007).

En España, la gran mayoría de investigaciones publicadas al respecto hacen referencia a trabajos sobre indagación o investigación guiada en secundaria y la universidad. Son pocos los trabajos encaminados en este sentido en la enseñanza de las ciencias en primaria. Como menciona de Pro (2009a) en un estudio realizado para saber sobre qué temas se investigan en Didáctica de las Ciencias, el porcentaje de trabajos realizados en torno a Educación Primaria es mínima y se caracterizan por ser estudios muy puntuales. Entre algunos de los más destacados se encuentran los trabajos realizados por Jiménez-Aleixandre et al. (2009) bajo el marco del proyecto RODA donde se trabajan “*las destrezas indagativas*” (aprender a indagar), focalizado en el desarrollo de habilidades cognitivo-discursivas.

Otros trabajos son los de: de Pro (2008, 2011), de Pro y Rodríguez (2010; 2014) acerca de la enseñanza de circuitos eléctricos y ahorro de energía; Martínez-Losada y García (2010), Navarro-Pastor (2011) sobre astronomía; García y Martínez-Losada (2007) sobre el aprendizaje de la presión atmosférica; los trabajos de Blanco (2010) sobre flotación y, finalmente, Valcárcel y Sánchez (2004; 2008; 2011) y Benarroch (2010) sobre la enseñanza de materia y sus propiedades. La cantidad de propuestas sobre el tema de ecosistemas y plantas es uno de los más abundante (Watson, 1994; Jociles y Velasco, 1999; Gaona, 2002; Pujol, 2003; Márquez y Pedreira, 2005; Fernández y Rodríguez, 2006; del Carmen, 2010; de las Heras y Jiménez, 2011).

4. La implementación de PATHWAY en España se llevó a cabo por el grupo Future Learning de la Universitat de Barcelona en colaboración con el grupo GREAV. El proyecto se desarrolló desde 2011 a 2013. Su objetivo era proponer un enfoque estándar de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) identificando modelos de instrucción que ayuden a los profesores a planificar sus clases de manera efectiva. La información que se puede conseguir sobre los productos del mismo está dispersa en internet. Más información en: <http://pathway.ea.gr/>

5. La implementación de Fibonacci en España fue liderada por el Departament de Didàctica General i Didàctiques Específiques de la Universitat d'Alacant. El proyecto se desarrolló entre 2010 y 2014. Se realizaron seminarios de formación a maestros e implementación de unidades didácticas basadas en la indagación en unos pocos colegios de primaria de Alicante.

6. Entre 2007 y 2013, aunque actualmente algunos proyectos siguen desarrollándose. Más información en: https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm

El otro tema que presenta gran cantidad de aportaciones bibliográficas es el de nutrición y seres vivos (Jiménez-Aleixandre y Díaz, 1998; Pujol, 2003; Gómez et al., 2007; Banet, 2008, 2010; Garrido y MartínezLosada, 2009; García-Barros y Martínez-Losada, 2009; Izquierdo, 2011), el agua y la vida (Jaén, 2004; Rosaleny, 2008). Lo que, en cierto modo, confirma las afirmaciones realizadas por varios investigadores que determinados temas en primaria suelen considerarse “*más importante o más coherentes con el desarrollo cognitivo de esas edades*” (Metz, 1995, 1997) que temas como los mencionados en el párrafo anterior.

En su estudio, Metz muestra las concepciones que tienen los maestros de primaria sobre cómo aprenden los niños y niñas, encontrando, que la mayoría de maestros norteamericanos creen que los niños de primaria no pueden pensar de forma abstracta; dan sentido al mundo, sobre todo a través de procesos de clasificación y relación de objetos, y no con explicaciones y no pueden usar la planificación de experimentos para desarrollar sus ideas. Lo cual, evidentemente, les coacciona tanto a la hora de elegir contenidos a enseñar como la forma de enseñarlos.

1.3.3 La integración de los puntos anteriores para iniciar en el futuro maestro el desarrollo de su propia competencia docente

En el capítulo del Handbook (Roth, 2014) se menciona que existe un contraste interesante entre las investigaciones publicadas, las políticas educativas y la realidad del aula que plantea cuestiones importantes para la investigación actual sobre la enseñanza de las ciencias en primaria, a saber: ¿Cómo puede ayudar la investigación a reducir la brecha entre los aportes provenientes de la misma investigación y la práctica real en las aulas? Y ¿Cómo se puede ayudar a los maestros a llevar a cabo una enseñanza de las ciencias más efectiva para que realmente ayuden a los niños a desarrollar competencias científicas?, y es aquí precisamente donde entra en juego este tercer punto.

Es importante aclarar aquí que, dado que el objeto de estudio de este trabajo de investigación se centra exclusivamente en la formación inicial del maestro, dicha cuestión general es preciso concretarla aún más en las siguientes:

1.3.3.1 ¿Cómo formar al futuro maestro con el fin de lograr una mejor competencia docente en la enseñanza de las ciencias para la escuela primaria?

Respecto a esta pregunta, informes como el de la OCDE (2006a) mencionan que, entre las causas señaladas de la resistencia a utilizar metodologías innovadoras de enseñanza, se encuentra que la mayoría de los profesores de primaria no tienen una base fuerte en

Ciencia y Tecnología “*ya que muchos de ellos no han tenido ningún tipo de formación profesional específica en estas áreas. En el nivel de primaria, se espera que los profesores transmitan la esencia de la metodología científica y se despierte el interés y el entusiasmo de sus alumnos, pero dicha labor es difícil cuando ellos mismos no están seguros sobre un tema y el conocimiento del mismo, algo que perciben los alumnos (p. 11)*”.

Por lo que a menudo, los maestros prefieren la metodología tradicional centrada en gran medida en el discurso del maestro y el libro de texto (*chalk and talk*) con la que se sienten más cómodos, evitando así nuevas metodologías que les exigen una comprensión de la ciencia más integrada y profunda. En sintonía con el informe anterior, investigaciones como las de Abell y Roth (1992); Stoddart et al. (1993); Harlen (1997); Appleton (2003) y Dorph et al. (2011) han encontrado que los maestros de primaria carecen de conocimientos sólidos sobre los contenidos de ciencia necesarios para enseñar ciencias eficazmente, dado que no tienen una buena formación en la disciplina científica y tienen poca formación en didáctica específica de las ciencias. Por lo que tienen pocas oportunidades para integrar el conocimiento del contenido disciplinar con efectivas formas de enseñanza de las ciencias (Haefner y Zembal-Saul, 2004; Rice, 2005).

Otros estudios interesantes como el de Murphy et al. (2007), realizado en Reino Unido, concluyen que, aunque ha habido algunos avances en el aumento de la confianza de los maestros de primaria en temas científicos, la situación general sigue siendo crítica, ya que los maestros se identifican como “*faltos de confianza y capacidad para enseñar ciencia*”. Como recomendación, planteaban la apremiante necesidad de que es en las universidades donde debe mejorarse la preparación de los nuevos maestros de primaria ya que existe una clara necesidad de aumentar sus conocimientos científicos, y la formación universitaria debería dirigirse en este sentido, así como también, debería centrarse en aspectos específicos de la enseñanza de las ciencias que suelen ser problemáticos para los maestros.

Además de ello, el estudio señala la gran relevancia del trabajo conjunto que deberían realizar las universidades con los centros de formación continua para que tanto los futuros maestros, como maestros ya en activo puedan mejorar sus conocimientos tanto científicos como didácticos y por tanto puedan mejorar su enseñanza. Ya desde 1994, Lederman et al. coincidían en que los contenidos específicos de ciencias deben impartirse en los programas de formación de profesores relacionados con la didáctica de las ciencias y no de una forma fragmentada, ya que aprender las dificultades de aprendizaje-enseñanza de los conceptos científicos ayuda a comprenderlos mejor y a desarrollar esquemas sobre la estructura de la asignatura a enseñar.

Por tanto, se hace necesario atender a una formación docente que permita a los maestros adquirir competencias docentes adecuadas a los objetivos actuales de la enseñanza científica, ya que son ellos la *“piedra angular de todo proceso de renovación en la enseñanza de las ciencias”* y de una acertada formación docente se deriva una acertada enseñanza de las ciencias. Sin unos maestros debidamente preparados, motivados y apoyados no hay cambio posible (Rocard et al., 2007). Varios investigadores en el campo de la didáctica sugieren que un buen programa de formación docente debe proporcionar una preparación disciplinaria, pedagógica y didáctica sólida.

Sin embargo, tales conocimientos no deberían enseñarse a los profesores como bloques inconexos entre sí (Shulman, 1986, 1989, 1998; Grossman et al., 1989), sino más bien, como un bloque integrado, un espacio de formación en el cual los contenidos a enseñar sean sujeto del análisis y discusión didáctico-científica, que permitan repensar los contenidos de una asignatura y transformar o recrear didácticamente dichos contenidos para ser enseñados (Shulman, 1986, 1987; Grossman et al., 1989, 1990; Bolívar-Botia, 1993, 2005; Mellado 1994; Garritz y Trinidad, 2006; Abell, 2007; Talanquer, 2004, 2014; Padilla et al., 2008; Acevedo, 2009a, 2009b; Mellado et al., 2011, 2012).

Como se ha mencionado en el apartado 1.2 hacer partícipe al profesorado en la investigación de los problemas que le suscita la enseñanza-aprendizaje de un determinado tema es importante y necesario, ya que es la mejor manera de pensar y reflexionar sobre la forma en la que se enseña y cómo perfeccionar dicha enseñanza (Furió y Gil, 1999; Guisasola et al., 2001; Furió y Carnicer, 2002a; Vilches y Gil, 2013). También, es de vital importancia, crear las condiciones y espacios necesarios para cuestionar las creencias y el pensamiento docente espontáneo, dado que como se afirma en varios estudios, la epistemología particular de cada profesor influye en gran medida tanto en los contenidos que enseña, como en el cómo los enseña (Porlán, 1994; Porlán et al., 1997, 1998; Furió, 1995; Mellado, 2001; Furió y Carnicer, 2002b).

Tanto es así, que en el trabajo de Otero y Nathan (2008) realizado con futuros maestros se pone en evidencia que sus ideas sobre los conocimientos previos de los niños y el uso de estas en la enseñanza, se encuentran bastante limitadas y desfasadas de lo que se esperaría de futuros maestros, en teoría formados, para una enseñanza de las ciencias contemporánea. Estos espacios de formación son los que permiten al profesor desarrollar un cuerpo de conocimientos especial (Shulman, 1986, 1987, Grossman 1989, 1990; Abell, 2007) que representa la integración de:

- i) El conocimiento del contenido a enseñar. Es decir, el conocimiento de la ciencia que han de enseñar y su relevancia para el currículo (Abell, 2007; Ball, et al., 2008; Nilsson y Van-Driel, 2011). En este punto, se espera que el maestro(a) pueda ir más allá de la secuenciación de contenidos ofrecida por los libros de texto, o que por lo menos analizar a conciencia su contenido (Apple, 1989; Barrow, 2000; Campanario, 2001; 2003; Ocelli y Valeiras, 2013) para ofrecer a los niños y niñas oportunidades de aprendizaje en torno a ideas centrales de la ciencia y no un gran número de conceptos dispersos o inconexos (Valverde y Schmidt, 2000; Harlen, 2010).
- ii) La comprensión de cómo determinados contenidos se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses y capacidades de los niños y niñas (Metz, 1995). Es decir, el conocimiento del currículo escolar de Ciencias; y más allá de saber planificar los principales objetivos de aprendizaje, los contenidos y las actividades, se esperaría que los maestros(as) pudieran utilizar la naturaleza del conocimiento científico -reflexiones acerca de su historia, sus finalidades y sus propósitos- (Hodson, 1988; 2008; Matthwes, 1994; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003) y la contextualización social de los contenidos (Menbiela, 1997, 2002; Acevedo et al., 2003; Solbes y Vilches, 2004) como herramientas para pensar y enseñar las ciencias.
- iii) El conocimiento respecto de sus propias concepciones sobre la ciencia y su enseñanza (Briscoe, 1991; Bell y Pearson, 1992; Lederman et al., 1994; Furió, 1995; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Abell, 2007; Abd-El-Khalick, 2013), sobre sus propias aptitudes y sobre las capacidades tanto cognitivas como afectivas de los niños y niñas (Metz, 1995). Es decir, el maestro debería tener la capacidad de autoevaluarse constantemente respecto a su saber, y su saber hacer.
- iv) El conocimiento sobre metodologías adecuadas para enseñar dichos contenidos científicos. Es decir, el conocimiento de metodologías de enseñanza que permitan identificar las ideas, percepciones y principales dificultades del alumnado en cada contenido científico (Metz, 2004, 2008; Schwarz y Gwekwerere, 2007); el conocimiento de adecuadas estrategias didácticas a usar en un enfoque de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias como la indagación (Schwarz et al., 2009a; de Pro y Rodríguez, 2010); y finalmente, conocimiento de una evaluación coherente con el proceso de enseñanza-aprendizaje empleado (Cañal, 2012a; Forbes et al., 2015).

Shulman (1986, 1987, 1989) denominó este tipo de conocimiento deseable en los profesores como “*Conocimiento didáctico del contenido*”⁷ (*Pedagogical Content Knowledge-PCK*), en su estudio también mostraba que cuando un profesor recibe una formación en la que su conocimiento disciplinar proviene de un lado, su formación pedagógica y didáctica de otro, y en conclusión estos conocimientos se encuentran desconectados, las oportunidades para desarrollar el conocimiento didáctico del contenido o CDC, o cualquier otra forma de conocimiento integrado, ocurrirán de manera ocasional y limitada y con ello, la competencia del profesor para enseñar eficazmente se verá reducida (Shulman, 1987). Es decir, el futuro maestro o maestra que ha de enseñar ciencias en la escuela ha de ir adquiriendo de forma explícita y práctica un conocimiento didáctico del contenido, CDC (concebido como competencia docente) para tratar de conseguir su principal objetivo: la alfabetización científica y tecnológica del alumnado.

1.3.3.2 ¿En qué medida se presentan y/o enseñan en la formación de los futuros maestros - que han de enseñar ciencias- enfoques próximos al aprendizaje basado en la indagación?

En cuanto a esta segunda pregunta, en investigaciones como la de Forbes (2009, 2013) y Forbes y Biggers (2012) se muestra que al enseñar a los futuros maestros las nuevas metodologías de enseñanza como la indagación y su relación con el currículo de ciencias, ya en la universidad, como parte de su aprendizaje diario, se generan oportunidades para que desarrollen una amplia variedad de habilidades didácticas y pedagógicas para enseñar ciencias. Recuerdan en sus trabajos que para los futuros maestros no es fácil la implementación de nuevas metodologías en el aula ya que se enfrentarán a retos importantes a la hora de enseñar, como por ejemplo: insuficientes recursos, contexto educativo, ambiente profesional, marcado énfasis en el currículo tradicional, y por tanto se hace necesario preparar al futuro maestro no sólo en la teoría implicada en el uso de una metodología como la indagación, sino en cómo esta metodología necesita a priori un estudio profundo del currículo.

Los autores también plantean que si a los futuros maestros se les permite en la universidad trabajar con el currículo de ciencias, conocerlo de manera profunda para que puedan interpretar, criticar, seleccionar, adaptar y categorizar el mismo, tendrá más éxito a la hora de implementar nuevas estrategias de enseñanza en el aula ya que es el mismo maestro “*un co-diseñador del currículo que puede adaptarlo de acuerdo a sus necesidades, las necesidades de sus estudiantes, a quienes conoce más que ninguno, y*

7. CDC, de ahora en adelante, por sus siglas en español. Aunque la traducción correcta debería ser conocimiento del contenido didáctico, para ser fiel a la expresión utilizada por Shulman, utilizaremos en este trabajo de investigación la expresión CDC, dado que desde las primeras publicaciones en castellano que trataban este tema se ha venido traduciendo como Conocimiento Didáctico del Contenido.

de acuerdo al contexto que le rodea para hacerlo más efectivo y por tanto significativo para los estudiantes” (Forbes, 2009, pp. 19). En otro estudio realizado por Forbes et al. (2015) se muestra, además, la gran importancia de que los futuros maestros conozcan y aprendan a relacionar los contenidos curriculares con aplicaciones científicas cotidianas para ser enseñadas y evaluadas formativamente.

Afirman en su estudio que muchos maestros tienen dificultad para relacionar o hacer ver a los niños la correlación existente entre los conceptos científicos y sus usos en la vida cotidiana, así como también la manera de evaluar en el aula esta correlación, y ello es de vital importancia a la hora de intentar desarrollar su pensamiento científico. Trabajos como los de Smith y Neale (1989) y Smith (2000, 2002) también muestran que a los estudiantes de magisterio les es tan necesario enseñarles los contenidos científicos a enseñar como metodologías de enseñanza para implementar los mismos en el aula, pero dichos conocimientos no pueden darse de manera desligada.

En sus estudios revelan cuán importante es permitir a los futuros maestros debatir en grupos de trabajo en torno a un concepto científico para poder ser enseñado, afirma que en estos espacios es donde se evidencian las concepciones de enseñanza, las propias ideas previas sobre los conceptos científicos y el conocimiento de las ideas previas de los estudiantes que pueden o no tener los maestros. En estos espacios, afirman los autores, es donde se puede desarrollar en los futuros maestros un tipo especial de conocimiento o conocimiento didáctico del contenido que les permitirá ser más efectivos a la hora de enseñar.

Por su parte, los trabajos de Martínez-Chico et al. (2013, 2014, 2015) muestran la necesidad de enseñar a los futuros maestros, como parte de su aprendizaje universitario, un enfoque de enseñanza por indagación basado en modelos (MBI del término anglosajón Model-Based Inquiry) para que después puedan implementarlo con los niños y niñas en sus futuras clases. En sus trabajos, indican que para que un programa de formación docente basado en el modelo de indagación tenga éxito, es necesario trabajar en profundidad con los futuros maestros sobre aspectos relevantes, entre las cuales se destacan: a) cuestionar la justificación de la enseñanza de las ciencias basada en la tradición y valorar la justificación basada en su importancia para el desarrollo personal y la formación de futuros ciudadanos críticos; b) cuestionar visiones deformadas de la ciencia y el trabajo científico y resaltar la importancia de las preguntas y primeras respuestas justificadas como punto de partida.

c) cuestionar el reduccionismo conceptual del contenido de carácter abstracto y descontextualizado, y promover un cambio hacia concepciones más amplias del

contenido que incluyan tanto los hechos, conceptos y modelos como el proceso; d) vivir experiencias concretas de aprendizaje de contenido científico basadas en la indagación y e) elaborar criterios racionales para analizar experiencias y material de enseñanza. Es decir, se hace necesario en las facultades de magisterio permitir la participación de los futuros maestros y maestras en experiencias que le permitan diseñar, planificar, construir, reconstruir y reflexionar por sí mismos los contenidos a enseñar.

1.4 ¿CUÁL ES EL PROBLEMA GENERAL QUE SE INTENTA ABORDAR Y QUÉ OBJETIVOS SE DESEAN ALCANZAR EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN?

A nuestro modo de ver, esta discusión implica la necesidad de que en la clase de Didáctica de Ciencias se favorezca la participación activa de los futuros maestros en el cuestionamiento y reflexión constante de sus propias ideas espontáneas y conocimientos respecto a la naturaleza de la actividad científica, el contenido a enseñar, sus ideas respecto a lo que es enseñar y aprender ciencias. Con lo que se hace necesario que diseñen y elaboren secuencias de enseñanza basadas en algún modelo innovador de aprendizaje y, si es posible, que las puedan implementar en sus prácticas en las escuelas para evaluarlas y criticarlas.

No solo para reconocer su posible efectividad en la mejora del aprendizaje de las Ciencias en los alumnos si no para reconocer, actuar y mejorar su propia forma de enseñar. Con lo que ellos mismos, como concedores de sus fortalezas, oportunidades y debilidades puedan realmente ser conscientes y reflexivos sobre su grado de competencia en enseñanza de las ciencias. Siguiendo pues esta línea de trabajo, el problema general que aborda esta investigación (y que posteriormente se concretará en tres preguntas clave en el apartado 2.5.3 del marco teórico) sería:

¿Es posible diseñar e implementar un programa de formación para los futuros maestros, que han de enseñar Ciencias en la Educación Primaria, fundamentándolo en los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y así iniciarles en el desarrollo de su competencia docente en enseñanza de las ciencias?

Así mismo se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y poner a prueba un programa de formación para iniciar a los futuros maestros⁸ en el desarrollo de su competencia en enseñanza de las ciencias, entendida la misma como el coherente desarrollo de su conocimiento didáctico del contenido y, la habilidad para aplicar el mismo a la realización de secuencias de enseñanza (sobre temas de Ciencias que habrían de enseñar en Educación Primaria) basadas en la indagación como modelo de aprendizaje.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar un estado del arte de las investigaciones que se han publicado desde 1980 que nos permita sentar las bases teóricas de la propuesta del programa de formación, donde los futuros maestros puedan analizar, estructurar y reestructurar sus ideas y conocimientos respecto a la enseñanza de los contenidos científicos en Educación Primaria.
2. Identificar las ideas espontáneas de los futuros maestros(as) respecto a la naturaleza de la actividad científica, los contenidos a enseñar y respecto a cómo enseñar dichos contenidos en la Educación Primaria.
3. Valorar en qué medida los estudiantes universitarios han superado algunas de las ideas espontáneas indicadas en el objetivo 2, después de haber participado en el programa de formación.
4. Favorecer espacios de co y autoevaluación para que los maestros en formación reflexionen y evalúen el programa en el que han participado y, por tanto, valoren a su vez, la posible relevancia de los conocimientos didácticos adquiridos, de cara a su iniciación en la profesión.

8. Que asisten a la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Valencia, dicha asignatura es cuatrimestral de carácter obligatorio y presencial, con una carga de 48h de trabajo en clase y 64h de trabajo autónomo.

CAPÍTULO 2

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA Y LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS

2.1 INTRODUCCIÓN

Dado que nuestro problema de investigación se centra fundamentalmente en cómo formar a los futuros maestros(as) para que no sólo conozcan, sino que, además, reflexionen y experimenten cómo sería trabajar con una estrategia innovadora para enseñar ciencias en la educación primaria como lo es la indagación. Y, para lograrlo habrá que tratar de que los mismos estudiantes se impliquen personalmente en la investigación. Es necesario conocer lo que muestra la investigación en didáctica de las ciencias sobre estos dos grandes campos de conocimiento: La enseñanza de las ciencias en educación primaria y la formación del maestro.

Por ello, en este capítulo se fundamentará y analizará en un primer gran apartado (2.2) cómo es la enseñanza de las ciencias en la práctica real en las aulas de primaria y cómo debería ser teniendo en cuenta los resultados de las investigaciones actuales en didáctica de las ciencias, a saber, una enseñanza que permita el desarrollo de competencias científicas y axiológicas en el alumnado de Educación Primaria, enmarcado dentro de un modelo socio-constructivista. Este primer apartado es de gran relevancia dado que desde la década de los 80 se viene mostrando en diferentes informes e investigaciones la gran separación que existe entre la teoría (aportada por los trabajos de investigación) y la práctica real en las aulas (Forbes, 2009; Roth K. , 2014), lo que indica que existe un problema, bien sea en la formación del futuro maestro, o bien, en las estrategias utilizadas para “actualizar” la enseñanza de los maestros en activo.

En un segundo y tercer gran apartado (2.3 y 2.4) se analizará cómo es la formación actual del maestro y se planteará un marco teórico sobre cómo podría ser su formación para que logre en un futuro enseñar ciencias mediante un modelo de aprendizaje basado en la indagación. Dicho marco teórico de formación se basa en dos pilares que han mostrado buenos resultados a la hora de favorecer la eficacia de los docentes en cuanto a enseñanza de las ciencias se refiriere. El primero relativo al desarrollo del conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986, 1987; Abell, 2007) y el segundo referido al conocimiento y dominio de una metodología de enseñanza-aprendizaje como la indagación que según los avances mostrados por un gran número investigaciones e informes, permite a los niños desarrollar competencias científicas en su aprendizaje (Furió, 2001; Metz, 1995, 2004, 2008; Martínez Torregrosa et al., 2005).

Finalmente, en el apartado 2.5 se desarrollará y describirán los fundamentos teóricos y la planificación de nuestra propuesta o programa de formación inicial de los maestros y maestras en formación de la Universitat de València, para la asignatura de Didáctica de las Ciencias de tercer curso. Se explicará qué se hizo en las clases con los estudiantes y

las fases seguidas durante el cuatrimestre para lograr alcanzar el objetivo general planteado. Es decir, se describirán las actividades del programa de formación, actividades basadas en las dimensiones que consideramos imprescindibles para el desarrollo de la competencia en enseñanza de las ciencias.

2.2 LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL AULA DE EDUCACIÓN PRIMARIA

2.2.1 Breve reseña histórica de la enseñanza de las ciencias en las aulas de educación primaria

Martí (2012) hace un breve e interesante resumen sobre la introducción y desarrollo de las ciencias en el currículo de primaria, ubicando la introducción de la misma en el siglo XIX en España, Estados Unidos, Reino Unido y Francia. Señala que, aunque tiene una larga trayectoria, hasta nuestros días, siempre ha supuesto un vaivén entre las finalidades perseguidas, la realidad de las aulas, la evolución de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, y la investigación sobre los procesos de enseñanza aprendizaje. Inicialmente (siglo XIX) la enseñanza de las ciencias como tal era precaria y se mantuvo así hasta el primer tercio del siglo XX; según análisis históricos realizados por Moreno (2008) consistía principalmente en un curso, sólo para niños mayores de 9 años que quisieran y pudieran continuar con sus estudios - muy pocos lo hacían, dado que en aquel tiempo, los niños de 9 años ya se iniciaban en el mundo laboral-, denominado “Nociones generales de Física y de Historia natural acomodadas a las necesidades más comunes de la vida”.

Las niñas no podían asistir al mismo, en vez de ello, estudiaban “Labores propias del sexo” y “Nociones de higiene doméstica”. Ya durante el siglo XX se introdujeron cambios legislativos en los que se declara obligatoria la enseñanza en las escuelas de las “Nociones de Ciencias Físicas, Químicas y Naturales” de nuevo dirigidas más a los niños que a las niñas. Durante la década de los años 20, empezaron a aparecer las enciclopedias en la escuela, que se mantuvieron como libros de texto único hasta los años 70, su estilo pedagógico se reducía a una sucesión de preguntas y respuestas. A la par que las enciclopedias, se utilizaron en el aula “*Las lecciones de cosas*” que contenían lecturas específicas de una o dos páginas sobre contenidos muy diversos: un conjunto bastante heterogéneo de objetos (cristal, arroz, sal, lápiz, silla, etc.), animales, inventos o cultivos.

Estas lecciones tenían una marcada orientación empirista según la cual el conocimiento proviene de los sentidos, por lo que los niños en la etapa inicial debían precisamente aprender a desarrollar dicho conocimiento observando, luego buscando similitudes y diferencias, y finalmente descubriendo relaciones de causa-efecto (al final de la etapa primaria). El modelo recibió fuertes críticas principalmente, porque en vez de trabajar con los objetos directamente, se empezó a trabajar con imágenes de los mismos dibujados en los libros de texto y ello desvirtuaba el carácter demostrativo y/o manipulativo que tenían que tener las asignaturas en la Educación Primaria de ese momento.

Margarida Comas, una maestra y pedagoga reconocida del momento, ya en 1937 hacía un análisis más crítico a la estructura de *Las lecciones de cosas*, no defendía el principio intuitivo en que se basaban y por el contrario proponía un enfoque metodológico muy diferente, basado en la investigación por parte de los alumnos y más orientado a promover la adquisición de las formas de razonar propios de la ciencia. Podría decirse que en España fue ella quien mostró un enfoque realmente actual para la época, y en algunos aspectos, similar al que se aboga hoy en día. Defendió la importancia del papel de los niños como investigadores, y que no era suficiente con que hicieran algunas experiencias previamente preparadas en las que sólo realizaban tareas instrumentales, sino que había que proponerles actividades en las que trabajaran y pensarán como científicos.

Habló también de la importancia del maestro como aquel que decide y selecciona proyectos de acuerdo a las finalidades que se persiguieran (por ejemplo, el mundo que rodea al niño), acorde a las habilidades que tuvieran los niños, y por la manera de ser de la propia ciencia. Como se puede ver, Comas se planteaba la naturaleza de la ciencia y la comprensión de los procesos de aprendizaje infantil como referentes básicos de las decisiones metodológicas para la enseñanza de las ciencias (Izquierdo y Aliberas, 2004, citados por: Martí, 2012). Para la década de los 60, la ciencia en la escuela primaria estaba plenamente consolidada. En España, el énfasis en los procedimientos seguía siendo marcado, desde los trabajos publicados por Valls en 1932⁹ hasta los manuales de enseñanza de las ciencias planteados por Freinet y Colomé en 1979¹⁰ se evidencia esa tendencia.

Con lo que el modelo de enseñanza de las ciencias estaba centrado en explicar los hechos o evidencias desde la observación y la experimentación, y no tanto en el ejercicio -también natural en la ciencia y el razonamiento infantil- de intentar explicar dichos hechos por medio de modelos y conceptos teóricos. En Norteamérica algunas propuestas

9. Vicente Valls (1932). Las ciencias naturales en la escuela. *Revista de Pedagogía* Nº 124, pp. 180-182. Y Vicente Valls (1932). Metodología de las ciencias físicas. *Revista de Pedagogía* Nº 129, pp. 402-406. Citado en Martí (2012).

10. Freinet y Colomé (1979). *La enseñanza de las ciencias*. Ed. Laia. Barcelona. Citado en Martí (2012).

curriculares también giraban en torno a dar más importancia a los procedimientos que a los contenidos¹¹, mientras que otros proyectos adoptaban planteamientos más equilibrados¹². Este carácter demostrativo y manipulativo de la experimentación hoy en día todavía predomina en las aulas, lo que evidencia que es una concepción bien arraigada en los maestros (Martí, 2012, pp. 24).

Incluso algunos estudios muestran que el énfasis en los procedimientos promovió el desarrollo de propuestas metodológicas de carácter empirista basadas en la idea de *aprendizaje por descubrimiento*, y a una sobrevaloración de las actividades manipulativas (*hands-on*); lo que también ha conducido al predominio de una concepción empirista de la ciencia entre los docentes tanto de secundaria como primaria (Windschitl, 2004). También, a lo largo del siglo XX los modelos psicológicos sobre el aprendizaje se convirtieron en referentes decisivos de las prácticas escolares, sobre todo, es de marcada importancia la influencia de los trabajos de Piaget acerca de los estadios de desarrollo cognitivo.

Buena parte de las habilidades que se consideraban propias del pensamiento científico pertenecerían según el modelo de Piaget al estadio de las operaciones formales, lo que llevó a pensar que el pensamiento científico, al menos en su forma más elaborada, no era asequible a las capacidades de los niños y niñas en educación primaria. Sus planteamientos, por un lado, tuvieron una fuerte influencia en las propuestas curriculares, que adoptaron como objetivo central el progreso desde los estadios iniciales hacia los superiores, lo que condujo, de cierta forma a dejar un poco de lado la naturaleza y características del pensamiento científico infantil (Martí, 2012, pp. 17).

Por otro lado, también influyeron en cómo se enseñaban las ciencias ya que dentro de sus ideas se expresaba claramente que *la acción de los niños y niñas es muy importante para la construcción del conocimiento*, adoptándose entonces, un *principio de actividad* en el que era necesario que los alumnos actuaran sobre los objetos, los manipularan, exploraran la realidad, se hicieran preguntas, elaboraran predicciones, etc. Es decir, una actividad tanto manipulativa como intelectual. El propio Piaget afirmó que actuar sobre los objetos sin una predicción previa no tenía ningún valor educativo. Pese a ello, en la realidad del aula estas ideas se tradujeron en actividades manipulativas más que mentales: empujar, hacer rodar, etc., observar sus reacciones y así confirmar o refutar las

11. Es el caso del proyecto SAPA (Science-A Process Approach) entre 1963-1974 de la *American Association for the Advancement of Science*.

12. Es el caso del proyecto SCIS (Science Curriculum Improvement Study) entre 1962-1977 patrocinado por la *National Science Foundation*.

predicciones elaboradas. Con lo que se mantuvo, de forma subyacente, una concepción empirista del aprendizaje según la cual el conocimiento se genera a partir de los sentidos.

Una ramificación del enfoque anterior prolifera con fuerza en los años 70, los proyectos de enseñanza de las ciencias basados en la enseñanza por descubrimiento autónomo. Las implicaciones didácticas de este enfoque son claras: debe permitirse que el niño y el joven descubran por sí mismos los diversos conceptos científicos, apelando a un proceso de maduración espontánea; suele citarse en esta concepción una apreciación de Piaget en la cual plantea que cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir por sí solo, se le impide inventarlo y, en consecuencia, entenderlo completamente. Sin embargo, este es un enfoque que no toma en cuenta el papel que juegan los paradigmas teóricos en el proceso de investigación científica, desconociendo el hecho de que cada disciplina se caracteriza por una cierta estructura conceptual y a su vez, también ignora que el alumno tiene un aparato de nociones previo (Pozo y Carretero, 1987).

A pesar de las múltiples críticas, esta tendencia suele observarse aún en muchos diseños curriculares referidos a la enseñanza primaria. A fines de los 70 y comienzo de los 80, la Didáctica de las Ciencias recibió nuevas influencias provenientes del campo de la epistemología y de la psicología del aprendizaje. Los aportes de Kuhn, Toulmin, Lakatos y Feyerabend, entre otros, fueron decisivos para poner en crisis muchos de los supuestos teóricos sobre los cuales fueron elaboradas las reformas curriculares de los años 60 y 70. También desde la psicología del aprendizaje comenzó a tomar importancia el estudio de cómo los niños entienden los procesos y la influencia que esto tiene en la incorporación de los nuevos conceptos. Una de las principales críticas al uso de la teoría de los estadios como referente educativo para la enseñanza, se basa en que parece centrarse más en lo que el niño(a) no puede hacer a una determinada edad, y no en lo que sí son capaces de hacer en un contexto de enseñanza-aprendizaje apropiado (Metz, 1995).

Otro de los grandes psicólogos cognitivos fue Ausubel, quien desarrolló la teoría del aprendizaje significativo, también de gran influencia en la enseñanza. De sus trabajos surge una idea de relevancia en cuanto al aprendizaje constructivista se refiere, la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes, en palabras del mismo Ausubel (1976): *"Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente"*. La influencia de las obras de Piaget en la enseñanza merma un poco y empiezan a considerarse estas nuevas aportaciones provenientes de estos psicólogos que cuestionaban algunos de sus supuestos empíricos y teóricos, lo que contribuyó a la aparición de nuevos modelos de

enseñanza que, aunque asumían algunos principios piagetianos, incorporan nuevas evidencias sobre el proceso de desarrollo (Martí, 2012).

Surgen además en la investigación en didáctica, durante los 80 y 90 nuevos conceptos como *concepciones o ideas alternativas, teorías implícitas, cambio conceptual, representaciones mentales, modelos mentales* con lo que el conocimiento específico del niño comienza a tener gran relevancia, así como también, vincular el aprendizaje a la adquisición de conocimientos en campos específicos y no tanto al desarrollo de estructuras cognitivas de carácter general.

Estas investigaciones (Pozo, 1987; Gunstone, 1989; Driver, et al., 1989; Osborne y Freyberg, 1991; Carretero, 1996; Vosniadou y Brewer, 1992) establecieron algunas conclusiones muy importantes, como que las ideas científicas de los niños y niñas son resistentes al cambio, que el conocimiento es fruto de una construcción y reconstrucción personal y social, que el aprendiz está activamente implicado en la construcción de significados aportando sus propias ideas e interpretaciones, que el aprendizaje es un proceso que tiene lugar cuando las ideas de los niños interactúan con la realidad y con las ideas de otros, de manera que pueden modificarse, cambiar o ampliarse.

Todo ello ha derivado en enfoques de la enseñanza de las Ciencias basados en la construcción de los conceptos científicos, a partir del conocimiento que ya traen consigo, y en los procesos de cambio conceptual, procedimental y actitudinal. Sin embargo, las primeras evaluaciones de resultados sobre los conocimientos de los niños en cuanto a ciencia se refieren, mostraban que el nivel de aprendizaje no era idóneo (Osborne y Simon, 1996); lo que nos sigue indicando, tal como se pudo apreciar en el capítulo anterior, que ya desde los ochenta existían problemas a la hora de intentar implementar los resultados de las investigaciones en la propia práctica del aula. Sumado a lo anterior, es importante recalcar que en España desde los 90 ha habido constantes cambios en los currículos debido a las distintas leyes de educación promovidas por los diferentes gobiernos¹³.

Estos cambios, como es natural, afectan de manera drástica no sólo a la organización escolar sino también a la forma de ver y entender el currículo de ciencias, y por tanto a la forma de enseñar el mismo. En un análisis realizado por Cañas, et al., (2007) se evidencia que las concepciones de currículo en cada una de estas reformas va desde una visión contemporánea de enseñanza, como la que se planteó en la reforma del 91, donde se

13. Un total de 4 cambios para el currículo de Primaria (Real Decreto 1006/1991, Real Decreto 830/2003, Real Decreto 1513/2006, Real Decreto 126/2014) y 4 cambios para el currículo de Secundaria (Real Decreto 1007/1991, Real Decreto 3473/2000, Real Decreto 831/2003, Real Decreto 1631/2006).

destacó el interés de tener en cuenta las ideas de los estudiantes y se defendió un tipo de profesor que plantea interrogantes, es creativo, autónomo, propone actividades de acuerdo a una secuenciación de contenidos más flexible y en torno a ideas clave, con el fin de disminuir el modelo imperante de transmisión-recepción, hasta una visión de currículo más cerrada, como la que se implantó en el 2000 y 2003, centrada en los contenidos conceptuales enciclopédicos, hasta el punto de concretarlos y distribuirlos por cursos, concediendo así mismo, poca importancia al “saber hacer” y “valorar” y donde el papel del profesor creativo y autónomo se deja de lado.

Según el análisis de las autoras citadas, el currículo actual¹⁴ regido por el Decreto 1513/2006 conforma una especie de opción de consenso entre todos los currículos anteriores, con la novedad de la inclusión de competencias según el mandato de la Unión Europea. Las autoras también opinan que es, en resumen, un nuevo intento de hacer más funcional el currículo y de intentar producir cambios en el modelo tradicional de enseñanza-aprendizaje. Así pues, la tarea de enseñar y aprender Ciencias se encuentra hoy, con el desafío de la alfabetización científica (Bybee y DeBoer, 1994; NRC, 1997; Furió y Vilches, 1997; Gil y Vilches, 2001; Gil et al., 2005).

Y por lo tanto, la apremiante necesidad del desarrollo de competencias clave (OECD, 2005a; 2006b; PE, 2006) y específicas de las mismas, en nuestro caso, competencia científica que se identifica en España como “*Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*” (de ahora en adelante Competencia Científica para abreviar) (LOE 2/2006; Decreto 111/2007 de la Conselleria d’Educació) que permitan aumentar el interés de los jóvenes por la ciencia e influir positivamente en las decisiones a futuro sobre las carreras a estudiar, dado que según informes de la Comisión Europea (2001) casi un 60% de personas encuestadas atribuía el descenso de dicho interés a que “*las clases no son lo suficientemente atractivas*”.

Aparte de ello, la tarea de enseñar y aprender Ciencias hoy, necesita superar la carga histórica, a veces incongruente, que desde luego influye en todos los ámbitos de la Educación. Lo que concuerda con informes publicados por Eurydice (2012), donde se menciona que la aplicación del currículo actual supone todo un reto para los docentes y otros profesionales de la enseñanza en Europa ya que los enfoques metodológicos basados en las competencias clave y en los resultados de aprendizaje conllevan importantes cambios en la concepción de la enseñanza. Del mismo modo, la enseñanza

14. Es sumamente importante aclarar que consideramos en este trabajo como referente último la LOE, dado que esta investigación tuvo lugar entre septiembre de 2012 y febrero de 2014 y el currículo de primaria se regía por la misma. Por lo que consideramos que no es necesario tener en cuenta en este marco teórico la última reforma de la ley educativa realizada en marzo de 2014.

eficaz de las nuevas –o relativamente nuevas– áreas curriculares (las TIC o Educación para la Ciudadanía, introducidas en el currículo ya sea como asignaturas transversales o integradas en otras) requieren enfoques metodológicos específicos y cambios en la organización y cultura escolar, y que los profesores trabajen en estrecha colaboración, superando los límites de las asignaturas tradicionales, lo que aumenta más aún el reto de una educación para la ciudadanía.

En términos prácticos, esto quiere decir que los docentes deben trabajar juntos en el desarrollo del currículo escolar o en partes del mismo y deben analizar los criterios de evaluación e intercambiar información sobre el desarrollo del aprendizaje de determinados alumnos. Según el informe, resulta más difícil que estos cambios en las prácticas de trabajo y en los métodos de enseñanza se produzcan en aquellos países con una larga tradición en cuanto a la organización del currículo por materias y en los que los docentes son especialistas en una única asignatura, como suele ser el caso en la educación secundaria.

También se menciona que *la formación inicial y permanente del profesorado puede jugar un papel fundamental a la hora de ayudarles a desarrollar nuevos hábitos de trabajo, competencias y técnicas*. No obstante, el informe aclara que las administraciones educativas deben poner a disposición de los centros los recursos económicos necesarios para facilitar a los docentes el tiempo y los espacios que les permitan reunirse y trabajar de manera conjunta.

2.2.2 Análisis crítico de la enseñanza habitual de las ciencias en las aulas de educación primaria

Se mencionaba en el primer capítulo que la enseñanza de las ciencias en los primeros ciclos de la Educación Primaria es de gran importancia y ha de otorgársele un lugar relevante tanto en el horario escolar como en las actividades propuestas. No existe razón alguna para relegar esos aprendizajes a grados superiores, ya que no es necesario primero aprender a leer y a escribir para iniciar el aprendizaje de otras áreas de conocimiento (Driver, et al., 1989; Duschl, et al., 2007). Furman y de Podesta (2009) opinan que, las Ciencias proporcionan aportes específicos al proceso de aprendizaje de la lengua, tanto por aquellas cosas de las que se habla, como por la forma de interactuar con ellas y de nombrarlas.

También, que el proceso de alfabetización científica en la escuela es una combinación dinámica de habilidades cognitivas, lingüísticas y manipulativas; actitudes, valores, conceptos, modelos e ideas acerca de los fenómenos naturales y sociales y las formas

de abordarlos. Por tanto, es necesario promover en los alumnos y alumnas, ya desde los primeros ciclos escolares, el aprecio, el interés y el conocimiento del mundo que les rodea, así como contribuir al desarrollo de sus capacidades de indagación y toma de decisiones frente a una situación dada (Metz, 1995, 2004, 2010; NRC, 2000; NGSS, 2013; Schwarz y Gwekwerere, 2007; de Pro Bueno, 2008; Schwarz et al., 2009a).

Informes como el de la OCDE (2006a) identifica el papel decisivo que tiene el contacto positivo con la ciencia a edades tempranas, ya que influye en la ulterior formación de actitudes hacia la misma. Así mismo, en el informe Rocard et al. (2007) se menciona dicha importancia y además se recomienda prestar especial atención en aumentar la participación de las niñas y las adolescentes en los temas científicos y en elevar su autoconfianza en ciencias, así como también el uso de metodologías innovadoras de enseñanza para garantizar tales objetivos.

Debido a los resultados mostrados en estos informes en Europa se promueve desde hace más de una década un currículo centrado en torno a *ocho competencias clave*¹⁵ (OECD, 2005a), entre las cuales se encuentra la *competencia científica* (la cual trataremos en el siguiente apartado), también en otros países se reconoce la gran relevancia de la enseñanza de las ciencias a edades tempranas y la implementación de metodologías innovadoras de enseñanza en la misma, tanto así, que se han realizado modificaciones importantes en los estándares educativos de varios países (*National Research Council NRC 2012; Next Generation Science Standards NGSS, 2013; National Curriculum Board NCB, 2009*). Sin embargo, pese a que las investigaciones desde hace más de dos décadas evidencian la necesidad de cambio en la forma de enseñar, no se ven actualmente cambios en la enseñanza de las ciencias en educación primaria y, por tanto, en las percepciones que tienen los niños sobre ésta al terminar la etapa primaria.

¿Cuáles son pues los aspectos clave a tener en cuenta para lograr una enseñanza de las ciencias más eficaz? ¿Qué muestran las investigaciones al respecto en Educación primaria? ¿Los maestros conocen dichos aspectos y más importante aún, los tienen en cuenta a la hora de enseñar? El resultado de varias investigaciones a lo largo de los últimos 30 años muestra que los aspectos clave a la hora de enseñar están relacionados con: a) conocer al estudiante, sus características psicoevolutivas y las ideas previas que tiene con respecto a los temas a trabajar, así como también sus emociones y actitudes respecto a lo que se aprende; b) Reconocer sus propias ideas, emociones y actitudes (las

15. Concebidas en el documento como un conjunto integrado de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se consideran indispensables para el desarrollo personal y para una participación satisfactoria en la sociedad. Que en el currículo español son: a) Competencia en comunicación lingüística, b) Competencia matemática, c) Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, d) Tratamiento de la información y competencia digital, e) Competencia social y ciudadana, f) Competencia cultural y artística, g) Competencia para aprender a aprender, h) Autonomía e iniciativa personal.

del propio maestro) con respecto a los temas a trabajar; c) Conocimiento y dominio de nuevas metodologías de enseñanza que se consideran eficientes respecto al aprendizaje logrado.

2.2.2.1 Conocimiento de los niños y niñas: sus ideas previas, características psicoevolutivas, emociones, valores y actitudes.

Los niños construyen desde edades tempranas ideas acerca de su propio cuerpo, los seres vivos y los objetos (Driver, et al., 1989; Abell y Roth, 1992). Así mismo, es probable que también hayan adquirido representaciones de algunos contenidos científicos, incluso en el nivel Inicial, sin saber leer ni escribir. Dichas ideas o conocimientos - independientemente que desde el punto de vista científico sean correctas o no-, los usan para explicar el funcionamiento y organización de los fenómenos del mundo que le rodea (Driver, et al., 1989; Vosniadou y Brewer, 1992; Abell y Roth, 1992). A través de la información que les aportan los adultos, los medios de comunicación o aquella que obtienen de manera espontánea, por ejemplo, cuando juegan, descifran los interrogantes y sucesos de la vida diaria, por lo que su curiosidad les lleva a plantearse preguntas y a explorar.

Según French (2004) y Feu y Schaaff (2006) dichas preguntas no es posible oír las porque se efectúan en el interior de la persona, pero sugieren que el niño(a) está actuando con una actitud indagadora que al final le permite recoger un conjunto de información para construir esas representaciones mentales sobre los objetos, los materiales y los seres vivos. Otros estudios han mostrado que incluso en un mismo alumno coexisten diversas representaciones alternativas que se activan en contextos diferentes (Pozo y Carretero, 1987; Oliva, 1996). En definitiva, estas representaciones mentales son la base para la comprensión y su actuación en el mundo, y les permite conocer las regularidades, interpretar sus experiencias diarias y predecir eventos (French, 2004).

En esta misma línea, investigaciones como las de Metz (1995, 1997, 2008) y Duschl et al. (2007) han demostrado que los niños y niñas se plantean cuestiones y encuentran respuestas, dentro de su nivel de desarrollo, sobre lo que pasa, cómo pasa, sobre cómo son las cosas (hechos y situaciones) y, también sobre qué cosas son posibles y cuáles no lo son. Después (o simultáneamente) adecuan su conducta a las respuestas obtenidas. Estas conductas de exploración, experimentación, descubrimiento y elaboración que surgen desde las primeras edades, de forma espontánea e intuitiva, no pueden considerarse actitudes científicas formales (Roth, 2002 citada en: Duschl, et al., 2007), pero son totalmente imprescindibles para posibilitar el desarrollo de actitudes favorables para el aprendizaje de las ciencias.

De ahí, que sea tan importante que sepamos el papel que juegan dichas conductas y representaciones mentales para saberlas utilizar convenientemente, puesto que por otro lado este conocimiento intuitivo que provee explicaciones de los fenómenos naturales, tiende a ser resistente al cambio (Osborne y Freyberg, 1991; Limón y Carretero, 2000). Vosniadou y Brewer (1992) también recalcan la importancia de que los maestros son los que deben detectar estas inconsistencias para ayudar a los niños y niñas a producir cambios en sus modelos, y ello no es posible si no se les permite a los niños expresar sus conocimientos reiterativamente y argumentar sus ideas. Existen una gran cantidad de publicaciones sobre las ideas previas que tienen los adolescentes, menos sobre las ideas de los niños y niñas respecto de las temáticas científicas.

Entre los trabajos más destacados con niños y niñas se encuentran los de Driver et al. (1989), Llorens (1991), Prieto et al. (2000) y Galán y Martín del Pozo (2012), sobre la materia, sus propiedades y sus cambios; los trabajos de Lanciano (1989), Vosniadou y Brewer (1992) sobre las ideas de Tierra como cuerpo cósmico y los fenómenos del día y la noche; los de Gunstone y Watts (1989) y Pozo (1987) sobre fuerzas, movimiento y gravedad; respecto a las ideas sobre el calor y temperatura, se destacan los trabajos de Strauss y Stavy (1982) y Erikson y Tiberghien (1989); respecto a la electricidad y el magnetismo los trabajos de Shipstone et al., (1988), Guisasola et al., (2008) y, respecto al concepto de energía, Driver et al. (1989) y García-Carmona y Criado (2013) muestran algunos interesantes resultados.

Como ejemplo de lo anterior, en el trabajo de Vosniadou y Brewer (1992) sobre la concepción de Tierra que construyen los niños de 4-5 años (Tierra plana), se evidencia que no sólo la usan para explicar la forma de la tierra, sino que también influye en sus explicaciones sobre otros fenómenos como el día y la noche y la estructura interna de la Tierra. Cuando van avanzando en edad y adquiriendo nueva información, los niños construyen nuevos modelos mentales -que los autores denominan *modelos sintéticos*- que son fruto de encajar la nueva información con sus modelos mentales iniciales, pero lejos están de convertirse en modelos científicos. Para los autores, las dificultades en el aprendizaje de ciertos conceptos científicos aparecen cuando la nueva información es inconsistente con las observaciones disponibles y la teoría marco de referencia.

En el caso de la forma esférica de la Tierra, contradice su percepción cotidiana (no vemos que la Tierra sea esférica), y en el caso de que las personas que viven en el polo sur no caen, contradice parte de su teoría de referencia ya que *las cosas que no se aguantan se caen*. Explican también que el maestro debería conocer estas ideas ya que son claves a la hora de intentar enseñar, cuando las ideas previas no son tenidas en cuenta, el niño termina teniendo una amalgama confusa de sus ideas con las que el maestro intenta

introducir, lo que la mayoría de las veces en verdad no contribuye a un aprendizaje por parte del estudiante y a veces produce frustración tanto en el niño(a) como en el maestro.

Además, ha de tenerse en cuenta que algunas de estas ideas son bastante resistentes al cambio (Carey, 2000). En su estudio Carey muestra que las teorías de los niños y niñas adquiridas gracias a la educación son muy diferentes de las teorías científicas que se quieren enseñar, y a veces, persisten durante tanto tiempo algunas representaciones intuitivas de los fenómenos naturales, que una persona promedio puede tardar hasta 20 años en lograr un verdadero cambio conceptual hacia una representación verdaderamente científica de un fenómeno.

Otro aspecto de igual relevancia a la hora de querer enseñar ciencias es el conocimiento de las características psicoevolutivas de los niños, cierto es, que como afirman algunos autores no deben ser un impedimento o excusa para no enseñar ciencias de forma efectiva (Metz, 1995, 1997, 2008), sí que hay que tener claro hasta dónde y cómo es posible enseñar a los niños temas de ciencias teniendo en cuenta sus características. Estos aspectos serán clave a la hora de plantear la profundidad con la que se quiere abordar un tema, los objetivos a plantear y por tanto la elección del tipo de actividades que ayudarán a los niños con más eficacia a avanzar en su aprendizaje.

Cuando estas características se toman a la ligera o no se tienen en cuenta se puede caer, por un lado, en la frustración del maestro y por otro, en desarrollar en los niños y niñas una actitud negativa y confusión porque se le está exigiendo más de sus posibilidades (Valcárcel y Sánchez, 2004). En términos generales las características de los niños a tener en cuenta –sin que esto quiera decir, en absoluto, que es una estructura rígida e inamovible– se pueden sintetizar en el cuadro 1 que proponen Valcárcel y Sánchez (2004) teniendo en cuenta las aportaciones de los trabajos de Delval (1983), Shayer y Adey (1984) y Harlen (1997).

Finalmente, otra característica a tener en cuenta en las aulas proviene de estudios del campo tanto de la psicología como la didáctica, que han evidenciado cómo las actitudes, la motivación y las emociones, tanto en niños como jóvenes, son importantes factores que afectan al rendimiento tanto en matemáticas como en ciencias (Urdan y Turner, 2005), la confianza del alumno en sus propias capacidades, su autoconcepto, y cómo el maestro(a) ayuda a fomentar los mismos también juega un papel importante (Pajares y Kranzler, 1995; Peralta y Sánchez, 2003).

Cuadro 1: Algunas características psicoevolutivas a tener en cuenta en la enseñanza de las ciencias PP. 256-260 (Valcárcel y Sánchez, 2004)

EDAD	ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	CARACTERÍSTICAS PSICOEVOLUTIVAS
5-7	Visión de la realidad: egocentrismo, sincretismo y centramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Ven las cosas desde un único punto de vista: el suyo. • Analizan las situaciones sin diferenciar las partes del todo y lo esencial de lo accesorio de un problema. • Centran la atención en sólo un aspecto de la situación que observan.
	Construcción de ideas: Acción y relación	<ul style="list-style-type: none"> • Necesitan realizar acciones para prever el resultado. No basta con pensar en las acciones para prever un resultado. • No relacionan los hechos que ocurren en una secuencia no familiar.
	Noción de causalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Dan explicaciones circulares o aluden a características intrínsecas. No se interesan por el mecanismo.
7-9	Visión de la realidad: egocentrismo, sincretismo y centramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Admiten otros puntos de vista, cuando pueden experimentarlo. • Empiezan a diferenciar las partes del todo. • Contemplan la necesidad de prestar atención a dos efectos para explicar el resultado de una acción.
	Construcción de ideas: Acción y relación	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizan las ideas en vez de las acciones para pensar en las cosas, cuando las situaciones son familiares. • Pueden pensar en un proceso sencillo al revés. Toman conciencia de la conservación de algunas cantidades durante los cambios.
	Noción de causalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Son menos dados a explicaciones finalistas, pueden relacionar una causa física con su efecto.
9-12	Visión de la realidad: egocentrismo, sincretismo y centramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Muestran menos tendencia a sacar conclusiones precipitadas y manifiestan la necesidad de que algunas ideas deben ser comprobadas. • Separan y manipulan variables en casos sencillos. • Adoptan enfoques más sistemáticos, utilizando registros y medidas.
	Construcción de ideas: Acción y relación	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden utilizar un mayor número de relaciones lógicas y, por tanto, manipular mentalmente más cosas. • Hacen representaciones mentales sobre cosas que tienen una realidad concreta.
	Noción de causalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Explican las relaciones causa efecto de los fenómenos teniendo en cuenta unas pocas variables. • Pueden pensar en las posibles etapas de una investigación y preparar un plan de acción.

Incluso se han publicado estudios en los que se evidencia que las emociones negativas como la ansiedad frente a las matemáticas pueden convertirse en una barrera que frena el rendimiento académico e incluso puede generar aversión a esta asignatura, lo que en un futuro influye en la toma de decisiones respecto al posible camino profesional a elegir por parte de los estudiantes (Zientek et al., 2010).

Así mismo, existen datos de investigaciones que muestran que los alumnos que disfrutan con las matemáticas y las ciencias aumentan su motivación intrínseca por aprender y viceversa, si están motivados para aprender estas áreas (independientemente del grado escolar en que se encuentren) dedican más tiempo a las tareas en este ámbito y tienden

a ser más persistentes a la hora de intentar abordar y resolver problemas (Lepper y Henderlong, 2000; Mellado et al., 2012a, 2014).

2.2.2.2 Creencias, emociones, y actitudes de los maestros respecto a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Otro aspecto relevante a la hora de enseñar ciencias en educación primaria, está relacionado con ciertas creencias sobre cómo enseñar ciencias a los niños y niñas. Trabajos como el de Metz (1995, 1997, 2008) revelan el peligro de hacer ciertas “generalizaciones” sobre lo que un niño puede o no hacer en su etapa escolar inicial, debido a las supuestas restricciones de desarrollo en el pensamiento de los niños propuestas por Piaget, lo que lleva a una enseñanza basada sobre todo en lo "concreto", con un enfoque en los procesos de observación, el orden y clasificación de lo directamente perceptible.

En su trabajo y otros estudios en sintonía (Schwarz et al., 2007, 2009a, Zembal-Saul, 2009) se muestra que los niños que vienen a la escuela tienen la capacidad cognitiva para involucrarse en el aprendizaje de las ciencias más allá de la simple descripción de sus observaciones, es decir, los niños pueden aprender a pensar de manera científica e incluso llegar a generar modelos explicativos simples de los fenómenos naturales. Cuando no se tiene en cuenta que los niños y niñas tienen esa capacidad y se relega a la educación secundaria el desarrollo de explicaciones, el salto entre ciclos educativos es fuerte y se desaprovechan por completo los años en los que los niños y niñas pueden desarrollar estrategias para experimentar, pensar y hablar científicamente.

Todo ello indica que la enseñanza de las ciencias a edades tempranas es posible y muy recomendable si el objetivo es, por un lado, formar ciudadanos científicamente “alfabetizados” (Bybee y DeBoer, 1994; NRC, 1997; Gil, et al., 2005) y por otro, aumentar la cantidad de jóvenes que estudien ciencias (Rocard et al., 2007). Por su parte en los trabajos de Pozo et al. (2006) y Abell et al. (1998) evidencian que los maestros tienen sus propias representaciones sobre la mente infantil, y sobre cómo aprenden; estas representaciones son producto del conocimiento intuitivo que todo maestro tiene con relación a los procesos de enseñanza aprendizaje, adquirido o bien por su conocimiento como alumno durante su etapa formativa, asumiendo o rechazando los roles de los profesores de ciencias que tuvieron en su etapa escolar, o bien adquirido por su experiencia docente.

Como consecuencia del primer punto, varias investigaciones han mostrado que muchos profesores enseñan con métodos didácticos muy similares a los que ellos mismos

preferían en sus profesores cuando eran alumnos (Huibregtse et al., 1994), o simplemente enseñan de la misma forma en que fueron enseñados (Tobin et al., 1994). Incluso algunas creencias e imágenes pedagógicas personales de los profesores son muy estables y sufren muy pocos cambios durante la formación inicial (Marcelo, 1995; Mellado et al., 1997), formación que a menudo refuerza las creencias y roles de los profesores de ciencias.

En otros aspectos, en cambio, los profesores en formación entran en la Universidad con muchas dudas y ambigüedades, y aunque tienen ideas que permanecen durante la formación inicial, también tienen percepciones y actitudes que pueden cambiar a través de un adecuado programa de formación (Mellado et al., 1997). Pozo et al. (2006) muestran que hay dos creencias ampliamente compartidas sobre el aprendizaje de las ciencias y son: *“los niños y niñas construyen el conocimiento a través de lo que ven; por lo tanto si se guían a través de la vista, es más fácil que puedan aprender”*, la otra creencia es que *“los niños y niñas construyen el conocimiento a través de lo que ven y experimentan; a través de su entorno, de investigar cosas y ponerlas en práctica, de la misma manera que pueden construir conocimiento a partir de lo que oyen o escuchan, tanto en la calle como en la escuela”*.

Los autores plantean que estas creencias predominantemente empiristas no permiten considerar al maestro que el aprendizaje sea un proceso de construcción del individuo, sino más bien un proceso de recepción de información externa (transmitida por ellos, o a través de los sentidos). Otros autores como Martí (2012) y Mellado (1994, 2000, 2001) hablan precisamente de que un maestro al basarse en estas concepciones, aunque sea inconscientemente, plantea y utiliza ciertas actividades y entornos de aprendizaje que opten por un enfoque manipulativo, proporcionando muchas observaciones y experimentos ilustrativos a los alumnos, pensando que el conocimiento conceptual necesario para interpretarlas se podrá construir directamente de las observaciones, o bien el maestro lo podrá introducir posteriormente vía transmisión de información.

En contraste con ello, varios autores creen que los niños también generan teorías y piensan a través de teorías (Vosniadou y Brewer, 1992; Carey, 2000), la mayoría de las cuales contienen explicaciones causales (Wellman y Gelman 1998, citado en: Martí, 2012), lo que supone, que lejos de implicarlos sólo en la manipulación, es necesario implicarlos en procesos donde puedan desarrollar su razonamiento teórico. Igualmente, otro aspecto interesante a tocar respecto a creencias sobre cómo enseñar ciencias, hace referencia al marcado carácter experimental que algunos profesores y maestros piensan que debe tener dicha enseñanza.

de Pro (2009) plantea que en muchas ocasiones se convierte esto en una especie de etiqueta de la enseñanza de las ciencias que termina idealizando el uso de ciertos recursos para enseñarla (aulas especiales, material de laboratorio especial) y se asocia con “objetividad”. Sin embargo, en contradicción con esa creencia muchos docentes tanto en primaria como secundaria no hacen uso de actividades experimentales (sean en un laboratorio o no) en su enseñanza cotidiana y en muchas ocasiones se debe a esa idealización, a las dificultades organizativas e institucionales que se encuentran los profesores para poder realizarlas y a la falta de clarificación de este campo que se ofrece durante la formación del profesorado.

El autor afirma que las actividades prácticas no pertenecen a un modelo concreto de enseñanza, ya que no existe una sola forma de enfocarlas, sus intenciones educativas, sus contenidos de tipo conceptual y procedimental, su papel en la secuencia de enseñanza, sus exigencias cognitivas, su complejidad etc., son muy diferentes y, por tanto, no se debería encasillarlas o dotarlas de poderes especiales (Hodson, 1994; Izquierdo, 2009; de Pro, 2009).

de Pro incluso menciona que otra creencia muy extendida al respecto, es la “*bondad per se*” con la que se dota a las actividades prácticas, es decir, muchos maestros y profesores de secundaria piensan que después de la realización de una práctica los estudiantes aprenden todo lo expuesto casi que espontáneamente y es importante destacar que esto no es así; que las actividades prácticas bien planificadas, donde los estudiantes se implican, en efecto pueden contribuir al aprendizaje de los estudiantes, pero también puede generar confusión, desconcierto o aburrimiento, de ahí la importancia de no limitarlas al momento y trabajar a partir de ellas en las clases para que los estudiantes planteen sus inquietudes, conclusiones y retroalimentaciones respectivas.

En cuanto a sus emociones y actitudes hacia la ciencia, hay estudios que muestran que la ansiedad o las emociones negativas hacia una asignatura no sólo afectan a los estudiantes, sino también a los profesores y, por supuesto, a su forma de enseñar (Mellado et al., 2012b). En un estudio realizado por Frenzel et al. (2011) se muestra que en la formación inicial, las primeras experiencias de enseñanza durante las prácticas de enseñanza son emocionalmente muy fuertes y pueden ser traumáticas para los futuro maestros. Las emociones negativas en las primeras experiencias de enseñanza como ansiedad, inseguridad, irritación o decepción pueden fijar estrategias conductistas, dirigidas hacia el control y la supervivencia, que son muy resistentes al cambio en el futuro.

Otro estudio realizado por Jarvis y Pell (2004) evidencia que la propia confianza del maestro, sus actitudes hacia la ciencia y su comprensión sobre algunos conceptos de

ciencias como pueden ser la electricidad, cambios de estado, fuerzas, etc., afectan no sólo a la forma en la que enseña, sino a la propia actitud que puede desarrollar el estudiante frente a la asignatura. En el estudio se tomaron datos de la actitud de los maestros y los relacionaron con la propia actitud de sus estudiantes, encontrando características comunes en su nivel de autoconfianza con respecto a los contenidos, la actitud y sentimientos que despiertan ciertos conocimientos científicos. Los autores aconsejan tanto en la formación del futuro maestro, como en cursos de formación a maestros en activo, trabajar los aspectos de autoconfianza y actitudes hacia la ciencia, ya que se encuentran muy ligadas a la confianza y actitudes hacia la ciencia que desarrollan los propios niños y niñas.

En esta misma línea de trabajo, investigaciones como las de (Appleton, 1992; Appleton y Kindt, 1999) muestran que el futuro maestro siente ansiedad y poca autoconfianza para enseñar ciertos temas de ciencias (electricidad, magnetismo, luz y color, etc) y es gracias a sus colegas de más experiencia quienes les aportan ideas, o incluso una planificación a seguir, como algunos poco a poco se animan a enseñar los temas “más complejos”, sin embargo, la ansiedad no desaparece del todo porque sienten temor ante las preguntas que puedan llegar a hacer los estudiantes -y que ellos no puedan responder-, lo que les suele conducir a estructuras rígidas de enseñanza en donde *“puedan tener más control”*. En su estudio, la mayoría de las veces los futuros maestros afirman que su formación en la facultad de magisterio no les ha ayudado al respecto.

Ha de destacarse también, que no siempre la deficiencia en la enseñanza de ciertos temas es debido a las emociones o actitudes del maestro, García y Martínez (2001) exponen que muchas veces el campo biológico es lo más trabajado en las aulas por considerarlo *“lo más cercano a los niños y a su cotidianidad”* y no el campo físico o químico, de hecho algunas veces llega a considerarse *“más importante”* (Appleton y Kindt, 1999), lo que también revela lo que el maestro *valora o prioriza* de los temas a enseñar.

2.2.3 El aprendizaje de las ciencias basado en el desarrollo de la competencia científico-tecnológica y su relación con el currículo español.

Mencionábamos en el capítulo anterior que la enseñanza basada en el desarrollo de competencias supone un reto para todo el sistema educativo dado que no se trata sólo de modificaciones estructurales en el currículo, sino que afecta profundamente la forma de entender y llevar a la práctica el mismo, por lo que cabe preguntarse ahora, ¿Qué es la competencia científica? ¿Qué significado tiene en el currículo español? ¿Qué cambios supone en el quehacer del maestro? Zabala y Arnau (2007) y Pedrinaci et al., (2012) señalan que la introducción a escala internacional del término “competencia” ocurrida en

los últimos años, debería obligar a todos los profesionales de la enseñanza a interrogarnos acerca de su significado, de su relación con otros conceptos y enfoques anteriores.

Y, muy en especial, a ponderar su utilidad para orientar la enseñanza de las ciencias, de forma que se valore si el uso de la misma se justifica o no, sino también su solidez y expectativas que cabe tener. Los autores opinan que la capacidad reestructuradora y la potencialidad que encierra la perspectiva de las “competencias” es tan grande como el riesgo que tiene la misma si se empieza a introducir como un elemento más bien decorativo del currículo, dejando al mismo inalterado, o el caso en el que simplemente se utilice como maquillaje y termine convirtiéndose en los típicos “objetivos” presentes en tantos cursos tanto en educación primaria, secundaria como universitaria; de lo cual ya se encuentran ejemplos (Pedrinaci et al., 2012).

Tomando como referencia el Real Decreto 1513/2006 de Enseñanzas Mínimas de la Educación Primaria, la competencia científica se define como: *“Es la habilidad para interactuar con el mundo físico...en definitiva, esta competencia supone el desarrollo y aplicación del pensamiento científico-técnico para interpretar la información que se recibe y para predecir y tomar decisiones con iniciativa y autonomía personal en un mundo en el que los avances que se van produciendo en los ámbitos científico y tecnológico tienen una influencia decisiva en la vida personal, la sociedad y el mundo natural. Así mismo, implica la diferenciación y valoración del conocimiento científico al lado de otras formas de conocimiento, y la utilización de valores y criterios éticos asociados a la ciencia y al desarrollo tecnológico”*.

Es interesante destacar que en el desarrollo de la definición de la misma, ya se mencionan ciertas características imprescindibles e ineludibles que permiten el desarrollo de la competencia científica y que por tanto son de gran relevancia a la hora de planificar las clases de ciencia (sin estar explícitas en el documento escrito del Real Decreto), a saber: *“Esta competencia hace posible identificar preguntas o problemas y obtener conclusiones basadas en pruebas, con la finalidad de comprender y tomar decisiones sobre el mundo físico y sobre los cambios que la actividad humana produce sobre el medio ambiente, la salud y la calidad de vida de las personas”...“Es una habilidad que posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias”...“También incorpora la aplicación de algunas nociones, conceptos científicos y técnicos, y de teorías científicas básicas previamente comprendidas...”*

Continuando con la explicación ofrecida por el Real Decreto 1513/2006 también se menciona que “...esto implica la habilidad progresiva para poner en práctica los procesos

y actitudes propios del análisis sistemático y de indagación científica: identificar y plantear problemas relevantes; realizar observaciones directas e indirectas con conciencia del marco teórico o interpretativo que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa; plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis; realizar predicciones e inferencias de distinto nivel de complejidad; e identificar el conocimiento disponible (teórico y empírico) necesario para responder a las preguntas científicas, y para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones en diversos contextos (académico, personal y social).

Así mismo, significa reconocer la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora como construcción social del conocimiento a lo largo de la historia". En síntesis, se puede apreciar que implica una cantidad considerable de acciones emprendidas en un contexto dado, que hacen eficaces a las personas en una determinada situación para resolver problemas. Como bien se resume en Zabala et al., 2007 y Pedrinaci et al., 2012 el concepto de competencia implica en el sistema educativo:

- Integrar de forma articulada los conocimientos teóricos, prácticos (habilidades y destrezas), actitudes y valores para enfrentar una situación determinada. Por ejemplo, la competencia para argumentar implicaría un conocimiento teórico de lo que queremos argumentar y la capacidad de seleccionar aquello que es más relevante para esa cuestión, pero también la destreza para organizar los argumentos (saber comunicar) y relacionarlos de manera que favorezcan la obtención de conclusiones.
- Ser capaces de utilizar los conocimientos anteriores en diferentes contextos. Lo que exige la integración y reorganización de los aprendizajes adquiridos ya que no se trata sólo de ser hábil en la ejecución de una tarea, sino que debe disponerse también de la capacidad de aplicar lo aprendido al análisis y tratamiento de diversos problemas, cuestiones o asuntos. Por tanto, ha de entenderse las competencias como acciones eficaces frente a situaciones y problemas de distinto tipo, que obligan a utilizar los recursos de que se dispone.
- Debe desarrollarse a lo largo de la vida. Por tanto, las competencias desarrolladas deben ser aquellas capaces de favorecer un aprendizaje que va más allá del periodo escolar. En el cuadro 2 se detallan los objetivos a desarrollar con relación a las competencias.

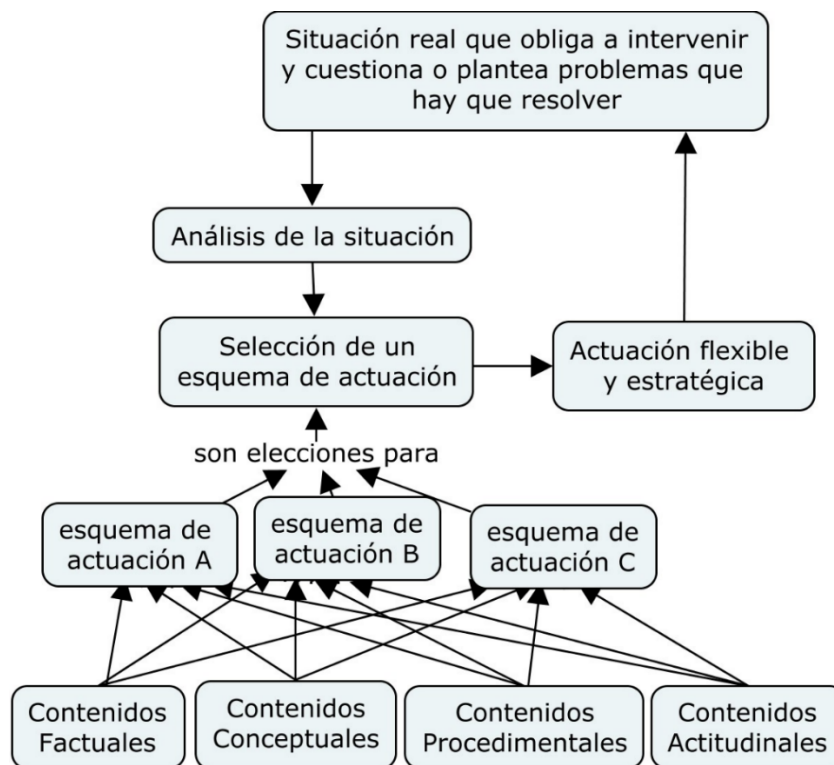
Cuadro 2: Objetivos deseables a desarrollar en la competencia científica¹⁶ (Pedrinaci, 2012; NRC, 2012; NGSS, 2013)

<p>En relación con el conocimiento de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. • Utilizar el conocimiento científico para analizar problemas y cuestiones y, adoptar decisiones en contextos personales y sociales.
<p>En relación con la práctica de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interesarse por conocer cuestiones científicas y problemas socioambientales. • Identificar y puntualizar cuestiones científicas, formular hipótesis y diseñar estrategias para su contrastación. • Buscar y seleccionar información relevante para diseñar estrategias de contrastación. • Procesar la información recogiendo e interpretando datos cuantitativos y cualitativos, interpretando gráficas, correlacionando datos. • Construir argumentaciones consistentes o valorar la calidad de otras dadas. • Alcanzar conclusiones basadas en hechos, datos, observaciones y actividades prácticas.
<p>En relación con la naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer e Identificar los rasgos característicos de la ciencia y diferenciarla de la pseudociencia. • Valorar la calidad de una información científica en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla. • Reconocer la ciencia como un conocimiento construido, a lo largo de cientos de años, por una comunidad de mujeres y hombres que trabajan día a día contrastando ideas, modificando las mismas, encontrado errores, etc. • Valorar la influencia social de los productos de la ciencia y la tecnología y debatir sobre los mismos. • Responsabilizarse con la adopción de medidas que eviten el deterioro ambiental y favorezcan un desarrollo sostenible.

Por otra parte, cuando en educación se habla de desarrollar competencias, muchas veces no se tiene claro que una actuación competente por parte de una persona implica un proceso complejo, que activa unos mecanismos que intervienen en esa actuación, y es necesario conocer ese proceso de actuación competente y procurar promoverlo en las aulas de clase para que los estudiantes poco a poco sepan integrar sus conocimientos y aplicarlos al resolver un problema o enfrentarse a una determinada situación. Zabala y Arnau (2007) postulan que el proceso desarrollado en una actuación competente conlleva superar las fases mostradas en la siguiente figura:

16. Pedrinaci et al. (2012). Págs. 32-33, en correlación con las *prácticas y habilidades científicas ingenieriles* destacadas en los NGSS (2013) y NRC (2012).

Figura 1: Proceso de desarrollo de una acción competente (Zabala & Arnau, 2007)



Ampliando el esquema, los autores explican que para enfrentarse de forma eficaz a una situación, en un primer momento ha de realizarse un análisis general de la situación que permita identificar datos relevantes que ofrece la situación dada y que podrían ser útiles para la resolución de la misma. En segunda instancia, a partir de la información obtenida se hace necesario revisar los esquemas de actuación de que se dispone, que se han aprendido y están influidos por el conjunto de conocimientos y experiencias aprendidas y, que podrían ser los más adecuados al caso (Los autores proponen que “*con algunas diferencias, podrían ser lo que Perrenoud denomina: esquemas de pensamiento; Monereo: repertorios de acción; o Le Boterf y Tremblay: esquemas operativos u operacionales*”) y como las posibles respuestas pueden ser diversas se hace necesario sopesar y valorar cuáles serían las más acertadas.

Finalmente, se podría estar en disposición de seleccionar un proceso de actuación apropiado, y valorar las posibles variables reales y su incidencia; A partir de ese momento se podría pasar a aplicar dicho esquema de actuación final, pero desde una posición estratégica (los autores la explican como el emplear un esquema de forma flexible y adecuándolo o reestructurándolo de acuerdo a las características específicas de la situación problemática planteada). Todo este proceso permite dejar claro que la competencia necesita ser demostrada en una situación concreta, dado que se es competente cuando se moviliza de forma integrada los conocimientos, procedimientos,

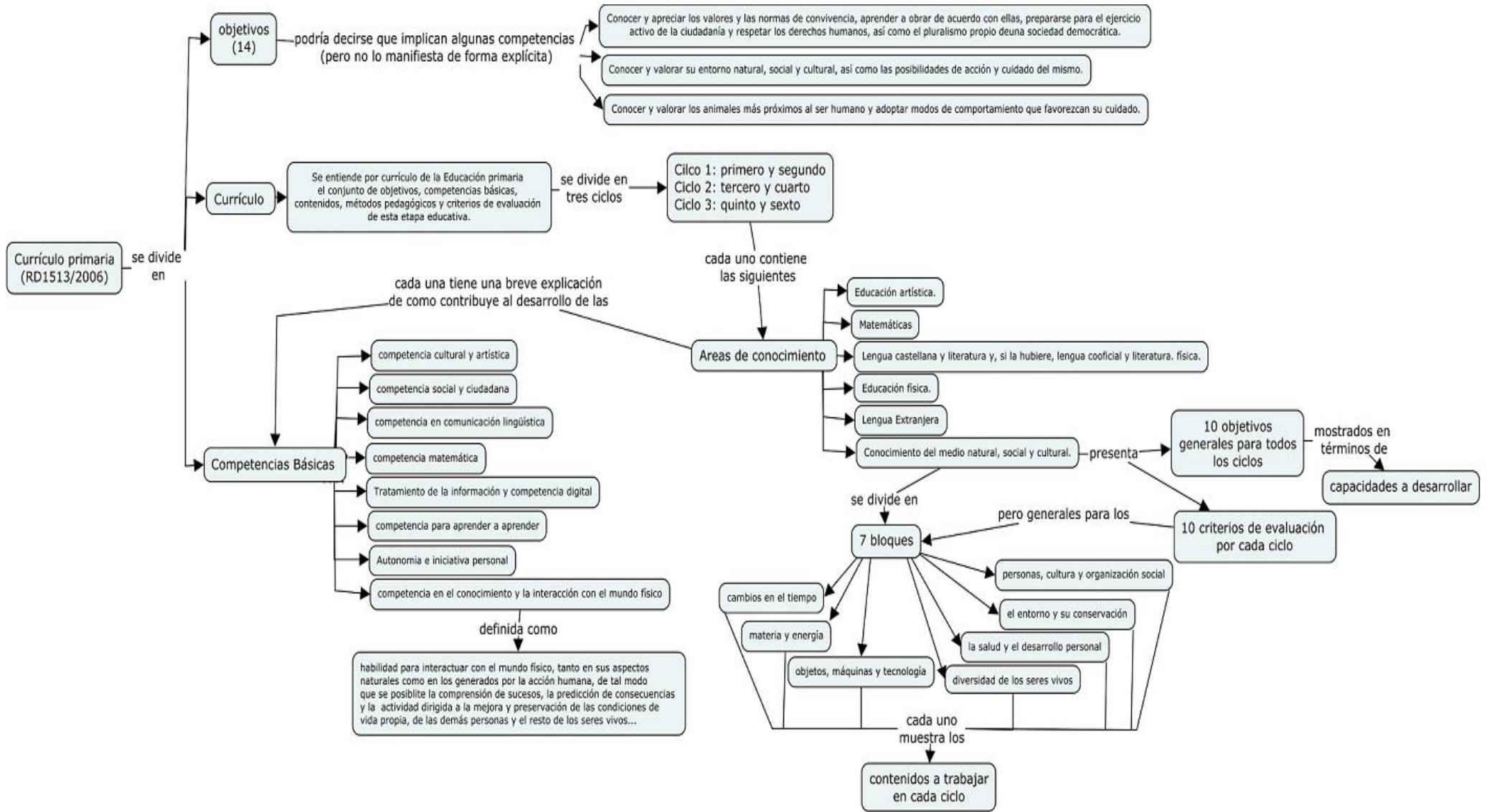
actitudes y valores ante una situación problema, de forma que la situación sea resuelta con eficacia.

Así pues, la evaluación de la competencia no puede limitarse *al todo o nada*, no se puede valorar una acción competente de 0 a 10, dado que en el proceso de enfrentarse a una situación problema las razones para no resolverla del todo puede deberse a diversos factores: falta de apropiación o comprensión de algún tipo de conocimiento (sea conceptual, procedimental u otro); o que la persona tenga problemas para poder integrar los conocimientos de forma adecuada; o puede que tenga dificultades al intentar transferir sus esquemas de actuación al contexto en el que se debe aplicar (Zabala y Arnau, 2007; Forbes et al., 2015).

Ahora bien, es importante aclarar en este punto que existen críticas significativas a la introducción de las competencias al currículo de Educación Primaria que son importantes mencionar (ver esquema del currículo de primaria en la figura 2), dado que hacen parte de la investigación misma en la didáctica de las ciencias. Por un lado, se expresa por la comunidad académica la desazón ante un currículo que ha introducido con premura el concepto de competencia y termina definiendo la misma de forma bastante extensa, generalista y, que al pretender abarcarlo todo termina reduciendo la competencia científica a una habilidad: “...*Es la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana...*” (Pedrinaci et al., 2012).

Por otra parte, muestra algunos desequilibrios importantes: por ejemplo, el hecho de que se dé abundante representación a la “descripción y explicación de fenómenos” mientras que “la utilización de pruebas científicas”, se encuentre deficientemente tratada y otras como “la identificación de cuestiones científicas” estén casi ausentes, según muestra un análisis exhaustivo realizado por Cañas, Martín y Nieda (2007) cotejándola con la competencia científica tal y como es percibida en el programa PISA. Así mismo, la integración de las competencias se presenta un tanto forzada y deja casi intactos sus objetivos, contenidos, metodologías y criterios de evaluación presentados en currículos anteriores; lo que evidencia por un lado que hay una confusión importante entre la relación de objetivos y competencias básicas que se observan en los currículos y, por otra parte, se evidencia claramente que los criterios de evaluación planteados suelen ser ajenos a la perspectiva competencial.

Figura 2: Organización del currículo de Educación Primaria en España (RD 1513/2006)



De hecho, como se afirma en Pedrinaci et al. (2012) ni en la definición de los criterios de evaluación de ninguna materia científica de los cuatro cursos de ESO, ni en los comentarios que les siguen hay una sola mención a ninguna de las competencias básicas. Peor aún es el caso del currículo de primaria (Real Decreto 1513/2006) en cuyo anexo se recoge la misma propuesta competencial que en el de ESO, al respecto, de Pro y Millares (2009) indican que *“el maestro se merecía que en su currículo, no sólo se le mostrara hasta dónde se va a llegar en la siguiente etapa educativa sino qué debe hacer en la suya (hasta dónde puede trabar, cuáles debe priorizar, cómo secuenciar la adquisición de las mismas...”*

En conclusión, los autores afirman que existe una disfunción entre el énfasis que las competencias dan a la aplicación de los conocimientos y el escaso reflejo en los contenidos propuestos, que siguen siendo academicistas y, en muchos temas demasiado conceptuales y de nuevo, como se viene señalando desde hace varios años, el currículum está sobrecargado (Bolívar, 2008). Tampoco se dan orientaciones metodológicas para llevar a la práctica el desarrollo de competencias con lo que se puede correr el riesgo de no llegarlas a implementar adecuadamente. Al estar los currículos actuales organizados a partir de competencias, se supone que se debe potenciar un conjunto de capacidades que incluye conocimientos, actitudes, valores, habilidades y destrezas que una persona logra mediante procesos de aprendizaje y que se manifiestan en su desempeño en situaciones y contextos diversos.

Todo ello implica propiciar que la escuela se constituya en un espacio que contribuye al desarrollo integral de los niños, mediante oportunidades de aprendizaje que les permitan integrar sus aprendizajes y utilizarlos en su vida cotidiana. Es decir, se pretende que los niños aprendan a resolver algunas situaciones que se le plantean teniendo en cuenta su entorno o vida diaria, poniendo en juego las habilidades que posee. Dichas habilidades se pueden potenciar y desarrollar desde el ambiente escolar por medio de experiencias y situaciones de aprendizaje que se les planten en las aulas.

Iglesias (2009) opina que cuanto más pronto (incluso desde la educación infantil) se empiece a trabajar con los niños y niñas en este sentido, más fácil será desarrollar su competencia científica y una actitud favorable hacia las ciencias. Afirma también, que dado que en la etapa infantil como primaria es cuando se ejerce una influencia muy importante en el desarrollo personal y social de los niños y en ese periodo es cuando desarrollan su identidad personal, adquieren capacidades fundamentales y aprenden las pautas básicas para integrarse a la vida social. Todos estos años constituyen un periodo de intenso aprendizaje y desarrollo que tiene como base la propia constitución biológica

o genética, pero en la cual desempeñan un papel clave las experiencias sociales, es decir, la interacción con otras personas, ya sean adultos o niños.

Por tanto, del tipo de experiencias socioeducativas en las que los niños y niñas participen a temprana edad dependen muchos aprendizajes fundamentales y actitudes para su vida futura. Al participar en dichas experiencias los niños ponen en juego un conjunto de capacidades de distinto orden (afectivo y social, cognitivo y de lenguaje, físico y motriz) que se refuerzan entre sí. La formación por competencias deberá responder a los requisitos de saber conocer, saber sentir, saber hacer, y por tanto, la metodología de enseñanza según la autora: *“debe pues centrarse en aprendizajes que supongan desafíos para los niños, para que avancen paulatinamente en sus niveles de logro (que piensen, se expresen por distintos medios, propongan, distingan, expliquen, cuestionen, comparen, trabajen en colaboración, manifiesten actitudes favorables hacia el trabajo y la convivencia, etc.) para aprender más de lo que saben acerca del mundo y para que sean personas cada vez más seguras, autónomas, creativas y participativas”*.

Aunque no es objeto de estudio de esta investigación la definición de competencia como tal, sí que es importante aclarar que la concepción, conocimiento y práctica que puedan tener de la misma, tanto los maestros en activo como los maestros en formación, afecta a su manera de entender todo el proceso educativo, y por tanto, su forma (en el caso de maestros en activo) o futura forma de enseñar (en el caso de los maestros en formación), así como también, su manera de *“evaluar”* lo aprendido por el estudiante. Trabajos como los de Zabala y Arnau (2007) y Angulo (2012) muestran que al encontrarnos ante un currículo por competencias, que le exigen a los maestros y maestras tomar decisiones sobre qué ciencia enseñar, cómo y cuándo hacerlo, por qué razones o para atender a qué objetivos¹⁷; estas decisiones van acompañadas de lo que ellos(as) consideran que es la ciencia, su aprendizaje y su evaluación.

A su vez, tales decisiones exigen de parte del maestro y maestra, una crítica sobre lo que sabe (o cree saber) de la ciencia, de la enseñanza de las ciencias, así como de su actuación en el aula y la autovaloración de la consistencia entre estos dos aspectos, en beneficio del aprendizaje de sus alumnos. Igualmente, trabajos como los de Cañas et al., (2007) y Pedrinaci et al., (2012) muestran un análisis exhaustivo de la competencia científica en el currículo actual, las dimensiones que aborda y su relación con el trabajo de aula. Los autores evidencian la necesidad de que los maestros conozcan en profundidad la misma para así tomar decisiones metodológicas apropiadas que les

17. Antes de que aparecieran los currículos centrados en las competencias y los logros de aprendizaje, estas decisiones eran tomadas previamente por las instancias administrativas y los técnicos en currículo, que diseñaban los programas, e incluso, por las editoriales de los libros de texto (Cañas, et al., 2007; Angulo, 2012).

permitan, por una parte, planificar adecuadamente su enseñanza de acuerdo a los objetivos planteados y, por otra parte, regular acertadamente el proceso para tomar decisiones de los momentos en los que debe retroalimentar o evaluar los aprendizajes.

Por tanto, la enseñanza por competencias no se trata sólo de sustituir la palabra *objetivos* (tradicionalmente planteada para enumerar tareas a cumplir en una asignatura) por *competencias*, y adoptar la misma manera tradicional de enseñanza-aprendizaje. Enseñar por competencias implica desarrollar en los estudiantes la capacidad de saber actuar acertadamente en un contexto determinado; es decir, no consiste en el dominio de un aprendizaje o conocimiento puntual y específico ni de un estado, sino de un proceso (Le Boterf, 1994 citado por: Tejada, 1999a, 1999b).

Otros investigadores prefieren concebir el término como la capacidad para aprender a tomar decisiones asertivas por medio de la integración de un conjunto de saberes: conocimientos, procedimientos (*saber-hacer*), actitudes (*saber estar*) y valores (*saber ser*) (Delors, 1998; González y Wagenaar, 2006). Lo que conlleva en la escuela el uso de metodologías de enseñanza holísticas y una visión de la evaluación de los aprendizajes que implica la evaluación de procesos, no reducidos exclusivamente a pruebas escritas implementadas al final de una secuencia de enseñanza (Forbes et al., 2015).

Así pues, se puede afirmar que para tener un buen conocimiento del proceso de aprendizaje de los alumnos y alumnas, es imprescindible que las metodologías de enseñanza ofrezcan oportunidades para que los estudiantes desarrollen esa capacidad y brinden al maestro la oportunidad de recoger información constantemente de cómo están siendo competentes; ya que en una metodología cerrada donde los alumnos dan respuestas únicamente al final de las secuencias didácticas, es imposible tener información del proceso de aprendizaje que cada uno de ellos está siguiendo. Es imprescindible llevar a cabo una forma de enseñanza en la que los alumnos puedan producir y comunicar mensajes de forma constante, que permitan ser procesados por el profesorado y que este, a partir de este conocimiento, pueda ofrecer las ayudas que cada uno de los chicos y chicas necesita para mejorar su nivel de competencia (Zabala y Arnau, 2007).

Las propuestas de trabajo en el aula actual, deberían pues, generar situaciones de aprendizaje que permitan a los niños y niñas vivir experiencias basadas en los fenómenos naturales (por ejemplo, a partir de una situación desconcertante y llamativa o a partir de un problema como tal) , para que se pregunten sobre estos, generen hipótesis, identifiquen regularidades y puedan hacer generalizaciones y explicaciones acerca de cómo funciona la naturaleza por medio de la reflexión, el trabajo cooperativo, la

comprobación de hipótesis, el uso de la evidencia, etc. Es decir, la enseñanza de las ciencias debería configurarse como un espacio en donde se tienden puentes que conectan los hechos y fenómenos conocidos por los niños y niñas con los conceptos construidos por la ciencia para explicarlos (Furman y de Podesta, 2009).

En este sentido, los niños y niñas pueden y deben iniciar ese proceso de alfabetización desde los primeros años de escolaridad ya que es la forma de promover cambios en sus representaciones iniciales para poder acercarlos progresivamente a representar esos objetos y fenómenos desde el punto de vista científico. Incluso existen propuestas de aula mucho más ambiciosas en las que el objetivo fundamental, no es sólo acercar a los niños y niñas a las representaciones científicas, sino permitirles construir modelos más sólidos sobre grandes ideas estructurantes como, por ejemplo, el concepto de ser vivo (Gómez, et al., 2007) o el concepto de evaporación versus ebullición (Schwarz, et al., 2007, 2009a).

No obstante, pese a que ya es conocido desde hace varios años lo que implica en las aulas trabajar por competencias, la relación investigación-propuestas de enseñanza-prácticas educativas en el aula, no es equilibrada en las aulas de Infantil y Primaria (Hidalgo y de la Blanca de la Paz, 2007). Los autores muestran que las ciencias y el trabajo experimental en Educación Infantil en la mayoría de las ocasiones es frecuente incluirlo exclusivamente a través de experiencias estereotipadas (como por ejemplo plantar semillas) con el fin de que niños y niñas observen, pero que terminan realizándose de forma anecdótica sin llegar a ningún tipo de conclusión.

También ocurre que se trabajen los contenidos de las ciencias en el abordaje del ambiente natural, como una visita al zoológico, a la granja, la realización de una huerta, etc., con la realización de algunos dibujos tras la salida o la experiencia de campo. Por su parte, en Educación Primaria, señalan que la enseñanza de las ciencias termina remitiéndose al Área de Conocimiento del Medio Físico, Social y Natural cuyo planteamiento de forma muy generalizada se lleva a cabo desde una perspectiva tradicional alejada de la realidad y con unas pautas establecidas sobre todo por el libro de texto del momento. El tratamiento de las ciencias repercute en que no es una de las áreas que despierte interés de forma generalizada en niños y niñas, entrando en contradicción con la naturaleza infantil caracterizada por la actitud de curiosidad, interés, la capacidad de asombro y descubrimiento que caracteriza a estas edades.

Como se comentaba en el apartado anterior, muchas de estas dificultades tienen su origen en la forma en que se afronta la enseñanza de las ciencias y la relación que el maestro y/o maestra tiene con las ciencias en particular (la mayoría de los maestros en formación, conocen sólo ciertos aspectos de las ciencias que han trabajado durante su

etapa secundaria, pocos provienen específicamente de la línea de bachillerato científico, por lo que sus conocimientos científicos se limitan a esas etapas escolares), el interés que manifiesta hacia ellas y en su propia dificultad para indagar el ambiente natural, lo que se ve reflejado en su planificación y en su desempeño del área. Sumado a ello, como se afirmaba al inicio del apartado, muchas veces la introducción de nuevos conceptos, como las competencias, en los currículos oficiales no se hace de manera concienzuda y meticulosa, más bien se realizan con premura de acuerdo a la política de turno y ello, desde luego, no ayuda nada al maestro para poder entender el currículo, hacerlo suyo y enseñarlo satisfactoriamente.

2.3 LA FORMACIÓN DEL MAESTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

2.3.1 La formación de maestros en España. Análisis crítico del currículo.

Como bien se muestran en informes internacionales y nacionales, existen escasos vínculos entre la formación docente y las necesidades escolares actuales, lo que cuestiona, en cierta medida si los docentes poseen el saber y las competencias para responder a tales necesidades (NRC, 2000; OECD, 2005b; Osborne y Dillon, 2008; COSCE, 2011). Y si bien es cierto que en la enseñanza intervienen una gran cantidad de factores interrelacionados, y la mejora de la misma hay que considerarla desde una perspectiva global, es indudable que el profesor sigue siendo un elemento decisivo en el aprendizaje de los alumnos. Trabajos como los de Betts et al. (2003) y Darling-Hammond et al. (2005b) muestran que existe una correlación significativa entre la calidad del maestro en las escuelas de primaria y los logros de los niños.

Por su parte, Hattie (2003) durante varios años realizó la revisión de más de 500.000 estudios sobre la influencia del profesorado en el aprendizaje de los estudiantes y concluyó que supone cerca del 50% dentro de todo el conjunto de factores asociados. Un aspecto muy interesante de este estudio es la conclusión a la que llega sobre las características de un profesor competente. Según el autor, son las siguientes: 1) Tienen conocimientos que están más integrados, en el que se combinan los conocimientos sobre el contenido importante de una asignatura con otros contenidos de otras asignaturas del currículo; también adaptan estos conocimientos a las necesidades de sus alumnos o de sus propios objetivos, lo que en ocasiones les lleva a desarrollar y probar hipótesis sobre dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza. 2) Son competentes a la hora de crear un clima de aula óptimo para el aprendizaje, se fijan en el contexto y lo aprovecha

para enseñar, tienen una compleja y multidimensional percepción de las situaciones en el aula.

3) Hacen un seguimiento y evaluación del nivel de comprensión y progreso de los estudiantes, además, proporcionan retroalimentaciones útiles. 4) Involucran a los estudiantes en su propio aprendizaje y el desarrollo de su autorregulación, dominio de su aprendizaje, aumento de su autoeficacia y autoestima. 5) Tienen un gran respeto por sus estudiantes y por su profesión. Por otra parte, también es incuestionable que las reformas de las escuelas y del currículo de ciencias tienen que estar en concordancia con lo que se realice en los programas de formación de los maestros, dado que cualquier reforma educativa estará condenada al fracaso si no cuenta con maestros adecuadamente preparados y dispuestos a llevarla a cabo (Mellado et al., 1997).

En el informe Rocard et al. (2007) también se expone la necesidad de atender a una formación docente que permita a los profesores adquirir competencias docentes adecuadas a los objetivos actuales de la enseñanza científica, ya que son ellos la *“piedra angular de todo proceso de renovación en la enseñanza de las ciencias”* y de una acertada formación docente se deriva una acertada enseñanza de las ciencias. Sin unos maestros debidamente preparados, motivados y apoyados no hay cambio posible. En las conclusiones del Consejo de la Unión Europea (2007; 2014) sobre *“formación eficaz de los docentes”* también se indican que la calidad del profesorado es un factor clave para determinar si la Unión Europea puede aumentar su competitividad en un mundo globalizado.

También, se habla sobre la importancia de desarrollar en ellos ciertas competencias que les permitan preparar a sus alumnos para ocupar el lugar que les corresponde en la sociedad y alcanzar todo su potencial. Los informes en particular mencionan que los profesores necesitan tener las siguientes competencias para enseñar:

- Poseer un conocimiento especializado de las materias que imparten.
- Saber identificar las necesidades específicas de cada alumno y responder a las mismas desplegando una gran variedad de estrategias didácticas.
- Ayudar a que los jóvenes aprendan de forma autónoma a lo largo de toda su vida.
- Ayudar a los jóvenes a adquirir las competencias enumeradas en el Marco Europeo de Referencia de Competencias Clave.
- Trabajar en entornos multiculturales (comprendiendo el valor de la diversidad y respetando las diferencias).
- Trabajar en estrecha colaboración con compañeros, padres y la comunidad en general.

- Ser capaces de realizar investigaciones en las aulas e incorporar en su docencia los resultados de la investigación académica.
- Evaluar la eficacia de sus estrategias de enseñanza y modificarlas en consecuencia.

Cabe destacar, que también aclaran en sus informes que tales competencias son imposibles de desarrollar si los Estados miembro no se esfuerzan por garantizar que los profesores: a) sean titulados de instituciones de enseñanza superior que ofrezcan un equilibrio adecuado entre los estudios basados en la investigación y la práctica docente, b) tengan acceso a programas eficaces de apoyo al comienzo del ejercicio de la profesión, c) tengan acceso a una tutela adecuada a lo largo de su carrera, d) reciban estímulo y apoyo a lo largo de su carrera para plantearse qué necesitan aprender y para adquirir nuevos conocimientos, destrezas y competencias, por medios formales, informales y no formales, con inclusión de intercambios y destinos temporales en el extranjero.

Así pues, ante este número sorprendente de demandas cabría preguntarse ¿Se enseña actualmente en las facultades para lograr esto? ¿Cómo debe ser la enseñanza a los futuros maestros y maestras en las facultades, de manera que puedan integrarse las aportaciones provenientes de la investigación en didáctica al conocimiento del maestro y le sean de verdadera utilidad? Como afirman Meiztegui et al. (2000) *“no se trata simplemente de elaborar cuidadosamente los nuevos materiales y de organizar cursos para difundir las nuevas propuestas: ambas cosas se han hecho en el caso de reformas como la española, dando lugar a una abundante literatura, ampliamente difundida, y a un gran número de cursos, por los que han pasado miles de profesores con resultados que muchos han considerado decepcionantes”*.

Los mismos resultados se han obtenido también en países como Estados Unidos donde miles de profesores participan en seminarios o asisten a cursos de perfeccionamiento profesional, cuando reanudan sus clases creen estar mejor preparados para utilizar los nuevos materiales curriculares, las nuevas formas de favorecer la creatividad y el aprendizaje de sus alumnos. Sin embargo, muchos de estos profesores y profesoras se encuentran, antes de que puedan darse cuenta, enseñando de la misma forma como lo habían hecho siempre, adaptando los nuevos materiales o técnicas a los patrones tradicionales (Briscoe, 1991). Una de las causas estudiadas de tal fracaso suele explicarse en el hecho de que dichos cursos no llegan a cuestionar la epistemología docente espontánea, ni a tenerla en cuenta al momento de trabajar con el profesor (Furió, 1995; Furió et al, 1999, 2016).

Así mismo, también es relevante tener en cuenta en su formación, es el problema planteado en Rocard et al. (2007) relativo a la sensación que tiene un elevado número de maestros de trabajar aisladamente -desde el punto de vista profesional-. En las entrevistas realizadas por el grupo de investigación dirigido por Rocard, los profesores afirman que trabajar de este modo (planificar las clases únicamente teniendo en cuenta lo que cada maestro sabe y el libro de texto) es uno de los elementos negativos más importantes de su práctica “y que afecta de modo importante a su moral y su motivación”. Investigaciones como las de Furió y Carnicer (2002a) ya ponían de manifiesto el problema del aislamiento profesional del profesor y la necesidad de trabajar en grupos cooperativos donde cada profesor, con su epistemología personal, pueda debatir y reconstruir de manera significativa el conocimiento que tiene, no sólo en cuanto a la base científica existente, sino también su conocimiento didáctico.

Los maestros en activo demandan una formación orientada hacia la realización de actividades en el aula que relacione la ciencia con lo cercano y cotidiano, y que les dé la oportunidad de vivir en primera persona los enfoques de enseñanza que se pretende que utilicen en sus clases, enseñándoles de manera coherente la teoría que se les intenta transmitir (Windschitl, 2004, 2006; Abd-El-Khalick, 2004; Abd-El-Khalick et al., 2013; Martínez-Chico et al., 2013, 2014, 2015). En el trabajo publicado por Martínez-Chico et al. (2013) se indica que a pesar de ser mencionada la formación docente como de gran relevancia tanto en informes como investigaciones (como los mencionados en los párrafos anteriores), los trabajos de investigación centrados en el diseño, contenido concreto de las asignaturas del programa de formación inicial y cómo trabajar dicho contenido, son más bien escasos.

Comentan en su trabajo que, según el NRC, si bien existe una cierta investigación sobre lo que podría ser eficaz en la formación inicial, se sabe poco acerca de lo que realmente se ofrece (NRC, 2012). También encuentran que, por ejemplo, durante el XXIII Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, celebrados en Almería (2008), uno de los grandes campos a tratar era precisamente la formación inicial en Didáctica de las Ciencias Experimentales y, sin embargo, de las 32 aportaciones que se realizaron, ninguna describe y discute una propuesta concreta de contenido, aunque hay aportaciones de gran interés sobre fundamentos, dificultades y obstáculos, actividades puntuales, etc. En su trabajo de investigación también muestran que, en su dinámica diaria, con profesores responsables de la formación inicial, se aprecia la existencia de contenidos y enfoques totalmente dispares entre las distintas universidades e incluso entre profesores de la misma universidad.

Confirmando así un estudio realizado por Benarroch (2004) en el que da cuenta de la enorme diversidad de programas, más de 14 distintos (en una muestra que abarca sólo a las universidades andaluzas), lo que muestra claramente que los programas, actualmente vigentes, en las universidades andaluzas carecen de consenso. Del mismo modo, Marín y Soto (2011) muestran que, más allá de la existencia de unos epígrafes generales, existe una gran divergencia en la comunidad académica sobre las finalidades, el contenido y las estrategias más adecuadas para llevar a cabo la formación inicial. En Benarroch (2004) se plantea que tal diversidad no sería tan grave si los programas que se están proponiendo para un futuro tuvieran mejores resultados, pero no es así. García (2003) también habla del problema de la formación inicial de maestros, y aunque el trabajo del autor se centra en las ciencias sociales y geografía, la misma disertación podría aplicarse a los contenidos biológicos, físicos y químicos.

Tanto el autor como otros tantos trabajos de investigación al respecto (Benarroch, 2004; Martín del Pozo et al., 2013) son partidarios de incluir contenidos disciplinares relevantes y significativos dado que el dominio de estos conocimientos básicos permitiría conseguir con más rigor el resto de objetivos de la carrera (Capacidad crítica y reflexiva, pluralidad de valores, compromiso con el cambio, actuar como investigador, motivar, desarrollar la creatividad). Difícilmente se puede reflexionar y tener capacidad crítica, sin datos e información suficiente. Así pues, no cabe duda que una enseñanza eficiente necesita tanto del dominio de las disciplinas científicas como de las disciplinas psicopedagógicas, pero de una forma integrada, García (2003) menciona que esta integración es necesaria si se desea que el maestro sepa transformar el conocimiento científico en curricular y el disciplinar en escolar, lo cual es una tarea fundamental, pero nada fácil, puesto que con frecuencia se suele errar por exceso o por defecto.

El autor defiende que “no es posible reflexionar e investigar sobre las formas de difundir y enseñar el conocimiento, sin previamente no haber profundizado en las características esenciales de dicho conocimiento”. Sin embargo, en los últimos años se empiezan a ver avances en cuanto a los procesos de profunda reflexión que deben llevarse a cabo en las facultades para así formar adecuadamente a los futuros maestros y maestras. Un trabajo muy interesante al respecto es el de Couto et al. (2013) En el que los autores hablan de como la competencia profesional (en ciencias) debe atender a la competencia científica y didáctica del maestro, y por tanto ambas demandan el desarrollo progresivo de capacidades científicas y didácticas que han de emplearse de manera integrada en situaciones concretas (Cañal, 2012b). Dicha competencia no se adquiere de forma aislada, sino en relación con otras con las que se potencia mutuamente y dicho desarrollo sólo es posible si la formación docente recibida apunta a tal objetivo.

En su trabajo analizaron las actividades que se desarrollan en las clases de formación de maestros, en función de los objetivos y de las habilidades que se promueven las mismas, tanto en el ámbito científico (conocer e interpretar hechos/fenómenos; desarrollar habilidades de investigación) y didáctico (analizar y diseñar propuestas de enseñanza; identificar problemas de aprendizaje). Los autores encontraron en su estudio que las actividades diseñadas, aunque conjugan equilibradamente los ámbitos de estudio didáctico y científico, muestran algunos sesgos tanto en los objetivos planteados como en las habilidades requeridas. Y en los aspectos científicos, muestran que dichas actividades potencian el conocimiento de hechos y fenómenos y su interpretación, frente al desarrollo de la indagación, especialmente deficiente.

En cuanto al ámbito didáctico encuentran que se prioriza el análisis frente al diseño de propuestas. Así mismo, en cuanto al desarrollo de habilidades concretas, la descripción y la justificación son las más solicitadas entre las cognitivo-lingüísticas, en detrimento de la argumentación, tanto en el ámbito científico como didáctico. También encuentran que otras habilidades relevantes en la formación de maestros, como las relacionadas con la indagación o la formulación de preguntas, tienen menos presencia. Otros autores como Rivero et al. (2013) han diseñado una propuesta formativa para la asignatura didáctica de las ciencias experimentales para el grado de maestro de Educación Primaria. La propuesta se basó en tres principios básicos para la formación inicial: Investigación de problemas prácticos profesionales, socioconstructivismo y uso de prácticas docentes innovadoras.

Los autores para conocer el grado de coherencia entre el programa de formación que han diseñado y los principios formativos que plantean, enviaron su programa completo a seis expertos y realizaron un grupo de discusión para profundizar sobre sus valoraciones. Entre las aportaciones de los expertos se reconoció la coherencia del planteamiento de la asignatura centrado en la investigación de *“problemas práctico-profesionales”*, pero se advirtió de que el diseño de secuencias de actividades necesita abordar en el curso el estudio de la naturaleza de la ciencia, dado que entender un enfoque de enseñanza por investigación exige primero comprender qué es investigar y cómo se investiga en las ciencias, también se destacaba la necesidad de prestar atención a no confundir la enseñanza por investigación con otros enfoques.

Una dinámica del tipo explorar las ideas de los alumnos e introducir luego información seleccionada por el profesor y con intención de modificarlas en una determinada dirección, no es un enfoque investigador. Así pues, en el estudio se tocan aspectos interesantes de cómo trabajar con los estudiantes de magisterio basándose en un modelo de indagación o investigación guiada, no es fácil, y requiere por parte del profesor universitario un

conocimiento adecuado tanto del modelo como claridad de cómo llevarlo a cabo. Otro trabajo muy interesante al respecto es el de Martínez-Chico et al. (2013), donde se realiza una propuesta de formación inicial de maestros y maestras para la enseñanza de las ciencias que trabaja de forma integrada contenido científico y didáctico.

Los futuros maestros experimentan en primera persona una secuencia de aprendizaje mediante un enfoque de enseñanza basado en la indagación, y centrado en la construcción y uso de modelos, en concreto para el tema de Sol-Tierra. Además, a lo largo de la propuesta se realizan reflexiones explícitas sobre la naturaleza de los conocimientos científicos descriptivos y explicativos trabajados, sobre cómo están aprendiendo y sobre cómo enseñar ciencias; reflexiones que, junto con la vivencia de esa experiencia de aprendizaje, pretenden lograr un cambio de concepciones y actitudes entre los futuros maestros. También en otro trabajo, Martínez-Chico et al. (2014a) han analizado lo que declaran los formadores de maestros acerca de *qué es prioritario* para la formación inicial de maestros y *cómo lo desarrollan* en el aula.

Los autores en su análisis intentan caracterizar los elementos del enfoque de enseñanza de las ciencias, por indagación basada en modelos, que los formadores de maestros destacan entre las prioridades de la formación inicial. Los resultados muestran elementos de indagación destacados por casi todos los formadores, como trabajar a partir del planteamiento de preguntas y explicar fenómenos cotidianos, elementos muy próximos a las características de este enfoque de enseñanza. También se han identificado perfiles de formadores de maestros (en función de los elementos del enfoque que declaran) que pueden resultar útiles de cara a facilitar la realización de propuestas de indagación en la formación de maestros.

Otra investigación, igualmente relacionada con el desarrollo de habilidades de indagación de los maestros en formación inicial y su relación con la competencia del maestro para desarrollar esas habilidades en los niños, es la realizada por Bugallo et al., (2013) en la cual se analizan los resultados de la aplicación de una actividad basada en la investigación guiada. La actividad como tal, es una práctica en la que el alumnado de magisterio debe diseñar una prueba experimental para simular la formación de una nube, identificar los factores que inciden en esa formación y señalar las potencialidades educativas de esta actividad para el tercer ciclo de Educación Primaria.

Los resultados muestran las dificultades experimentadas por los participantes para integrar los componentes científicos y didácticos, vinculación necesaria para que los docentes en formación logren sus competencias profesionales; además de ello, se evidencia un problema claro en la idea que tienen los futuros maestros sobre las

competencias científicas que deben desarrollar en las actividades que realizan en el aula. Los autores muestran que competencias como el diseño experimental, o el control de al menos una variable no es importante para los futuros maestros; la competencia mencionada por un mayor número de estudiantes (59,8%) es *“la interpretación/justificación de un fenómeno”*, pero no resulta muy alentador que, a su vez, identifican con un porcentaje muy similar (54%) *“la observación/descripción de un hecho”* dado que muestra una clara tendencia del futuro maestro a confundir la capacidad de un niño de describir un hecho con explicar el mismo; competencias como emisión de hipótesis apenas sobrepasan el 25%, o comunicar no alcanza ni el 7%.

Lo que sigue reafirmando discusiones planteadas en el capítulo anterior, los maestros tienden a priorizar la descripción y observación y pocas veces involucrar a los niños en debates o discusiones que permitan desarrollar su habilidad argumentativa (Michaels y O'connor, 2012; Chapin et al., 2009; Jiménez-Aleixandre et al., 2009) y la necesaria reflexión metacognitiva del aprendizaje (Jorba y Casellas, 1997). En el campo de las Ciencias Sociales también se empiezan a generar debates importantes sobre lo que se enseña en las aulas a los futuros maestros.

En trabajos como los de Parra y Segarra (2014) la escasa formación social y humanística de los futuros maestros y maestras evidencia que en temas tan importantes a trabajar en primaria como lo son la identidad y ciudadanía se produce en los estudiantes de magisterio, aún después de haber trabajado dichos temas en la asignatura de didáctica correspondiente, confusión respecto a las características de los mismos y cómo enseñarlos, en su trabajo también encuentran una visión acusadamente naturalista y esencialista de las identidades y, paralelamente, una comprensión muy pobre de la ciudadanía y del espacio público.

Lo que a posteriori puede influir en la manera de trabajar en el aula dichos temas. Los autores plantean la necesidad de evaluar y reflexionar sobre el qué y cómo enseñar en las aulas universitarias. Lo que también coincide con otros estudios anteriores como los de García (2003) donde se habla sobre el problema de una formación débil en ciencias sociales y su relación directa con la posterior enseñanza a los niños de temas relacionados con la geografía y la historia. En su trabajo destaca a su vez la necesidad de que en las facultades los futuros maestros vivencien las temáticas a trabajar desde una visión problematizada apoyados en la vivencia del entorno para así conseguir un verdadero desarrollo de competencias en los niños.

Hasta ahora se han mostrado aspectos relevantes sobre el currículo de magisterio a nivel nacional, cabría preguntarse ahora ¿Qué ocurre en el currículo universitario en la

Comunidad Valenciana¹⁸? ¿Cómo está organizada la asignatura de Enseñanza de las ciencias para Educación Primaria y su didáctica en las Universidades de Valencia? ¿Pasa lo mismo que con análisis realizados en otras zonas del país? A nivel general, cabe recordar que la materia como tal aparece en el RD 1440/1991 por el que se establece el título universitario oficial de Maestro, en sus diversas especialidades y las directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a su obtención. Concretamente, aparece como materia troncal de las especialidades con número diferente de créditos, dependiendo de la especialidad¹⁹ y vinculada a las áreas de conocimiento: Didáctica de las Ciencias Experimentales y Didáctica de las Ciencias Sociales. Sus descriptores son: *Contenidos, recursos metodológicos y materiales en el conocimiento del medio natural, social y cultural.*

En el caso de la especialidad de educación primaria, el nombre es cambiado y dividido en dos, por un lado, Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica. Conocimiento de las Ciencias de la Naturaleza, sus descriptores son: *Contenidos, recursos didácticos y materiales para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza*, a cargo del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, con cargas que oscilan entre 6 a 9 créditos (dependiendo de la Universidad). Por otro lado, Ciencias Sociales y su Didáctica. Conocimiento de cada Ciencias Sociales, sus descriptores son: *Contenidos, recursos didácticos y materiales para la enseñanza de las Ciencias Sociales*, a cargo del área de Didáctica de las Ciencias Sociales, también con cargas que oscilan entre 6 a 9 créditos (dependiendo de la Universidad).

Cada Universidad de la comunidad realizó en su día una organización de esta materia troncal, lo que finalmente se plasmó en asignaturas diferentes, como se puede ver en el cuadro 3 (por cuestiones de presentación, el cuadro queda mejor ubicado al final de este apartado, p. 86). En este cuadro, además del nombre de cada asignatura, se recogen sus créditos totales, el curso en el que se imparte, el cuatrimestre, y el número de créditos que recaen en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Didáctica de las Ciencias Sociales. Los programas han sido descargados de las páginas web de las distintas universidades y/o facultades de educación y se han tomado en consideración sólo las universidades públicas.

Un análisis del cuadro 3, nos muestra aspectos interesantes tanto estructurales como de fondo; es decir, estructuralmente, se puede apreciar que existe diversidad en los

18. Reduciremos este análisis a las universidades de la Comunidad Valenciana, pero con especial atención la Universidad de Valencia dado que este trabajo de investigación se realizó con los estudiantes de tercer curso de magisterio de dicha universidad durante el curso 2012-2013.

19. La especialidad de educación infantil con 6 créditos. Las especialidades de lengua extranjera, educación física y educación musical con 4 créditos.

planteamientos curriculares asociados a esta materia, en las tres universidades públicas. Por ejemplo, el número de créditos totales asignados al Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, es de 12 en Alicante y Castellón, y de 9 en Valencia, con la salvedad de que en esta última se asignan 9 créditos más por una asignatura de contenidos llamada Ciencia para Maestros, que específicamente hace referencia a contenidos propios de las ciencias naturales, no existe tal asignatura (obviamente respecto a contenidos en su campo) para las ciencias sociales. También es interesante notar que la Universidad de Valencia brinda acceso a varias optativas relacionadas con la enseñanza de las ciencias (que pueden terminar en una mención especial, sí el estudiante decide tomar estas optativas) y las otras universidades sólo 1 optativa.

En cuanto a los créditos totales asignados a la formación en ciencias naturales y ciencias sociales se suma un máximo de 27, de los 240 totales de la carrera, ¿suficientes para dotar a un profesional de la competencia adecuada para enseñar ciencias naturales y sociales? Casos parecidos ocurren en estudios realizados en otras comunidades autónomas, por ejemplo, en Martínez-Chico et al. (2014a) se destacan que en los planes de estudio actuales existe una diversidad enorme en la carga académica propuesta para las asignaturas en didáctica de las ciencias en distintas universidades, en los que puede variar desde los 15 a 24 créditos totales, de un total de 240 créditos del grado. Estos autores citan en su trabajo que los diferentes formadores deben tomar decisiones sobre qué enseñar de didáctica de las ciencias a los futuros maestros y seleccionar, en teoría, lo imprescindible para acomodarlo al tiempo disponible, que en algunos casos es bastante reducido (45 h).

En trabajos como los de García (2003) sobre el conocimiento del medio y su enseñanza práctica en la formación del profesorado de educación primaria, se menciona que en el actual plan de estudios de magisterio hay una abultada presencia de materia psicopedagógicas y educativas, excesiva y atomizada, con una ausencia casi total, en la mayoría de las universidades, de contenidos disciplinares de cualquier tipo, imprescindibles para el futuro maestro. Este autor indica además que en las asignaturas de didácticas específicas también se dedican a estudiar aspectos psicopedagógicos, lo cual deja aún menos espacio a los contenidos disciplinares, lo que puede ser criticado si se tiene en cuenta el hecho de que la mayoría de estudiantes en las facultades de magisterio no provienen de la línea de bachillerato científico o tecnológico, y por tanto llegarán a sus futuros centros de enseñanza sin haber estudiado más geografía, biología, física y química que la que vieron en la etapa de ESO.

El autor afirma que ello implica que el futuro maestro termine su formación con una elevada ignorancia científica y cultural del futuro maestro, lo que, desde luego, no facilitará

una enseñanza de calidad. Lo mismo parece ocurrir en otros países, donde diferentes estudios han mostrado que los propios docentes universitarios a menudo cuestionan la pertinencia de los programas de formación, por ser demasiado abstractos y teóricos y desarrollarse de manera descontextualizada y alejada de las aulas (Lynn y Abell, 1999; Abell et al., 2006; Abell, 2007; Darling-Hammond et al., 2005a; 2005b). Si se analiza el trasfondo de los planes de estudio se puede apreciar que los contenidos propios de cada asignatura son bastante diferentes en su enfoque teórico, salvo el apartado dedicado al conocimiento de las ideas previas en los niños y los contenidos científicos en el currículo de primaria que sí que aparecen presentes en las tres universidades citadas.

En cuanto al cómo enseñar a los futuros maestros, la universidad de Alicante es la única que clara y explícitamente plantea una formación al maestro con un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la indagación o investigación guiada (Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2005, 2012), de hecho todo el contenido y metodología de las asignaturas de didáctica²⁰, según se lee en sus documentos, está planificada para dicho propósito, los estudiantes a su vez deben realizar unidades didácticas basadas en el modelo de indagación sobre algunos contenidos. La Universidad Jaume I explícitamente plantea en sus guías²¹ que la metodología es de “*clases teóricas presenciales en las que se exponen los contenidos por parte del/la profesor/a y clases prácticas presenciales donde se realizan experimentos de laboratorio en grupos pequeños*”.

Al igual que veremos más adelante, en el caso de la Universidad de Valencia, los contenidos científicos son dados por separado de sus posibles implicaciones o requerimientos didácticos para su enseñanza. Según se puede observar en sus guías docentes, se da un peso importante a la experimentación como metodología de enseñanza de las ciencias, y por ello, dos de los temas de la asignatura: Didáctica de la física y la química están dedicados a las prácticas de laboratorio, realización de experimentos sencillos y simulaciones. Sin embargo, no se plantea a los maestros en formación la realización de ninguna secuencia didáctica. Por el contrario, en la asignatura denominada: Didáctica de las Ciencias Naturales, sí que se plantea a los estudiantes la realización de unidades didácticas de los temas trabajados.

20. Se puede apreciar dicha metodología en el siguiente enlace (descargado de la guía docente): <http://cvnet.cpd.ua.es/toolsnet/ClasePDF/generaPDF.aspx?Cuerpo=http%3A%2F%2Fcv1%2Ecpd%2Eua%2Ees%2Fconsplanesestudio%2FcvFichaAsiEEES%2Easp%3FwCodAsi%3D17522%26scaca%3D2016-17%26wLengua%3DC%26genhtml%3D1>

21. Se puede apreciar dicha metodología en el siguiente enlace (descargado de la guía docente): https://e-ujer.uji.es/pls/www/gri_www.euji22883.html?p_curso_aca=2015&p_asignatura_id=MP1017&p_idioma=ES&p_titulacion=218

En la Universidad de Valencia, según explica la guía docente de la asignatura de didáctica de ciencias: materia, energía y máquinas (pág. 5) ²²: “se aboga por una metodología empleará las formas de trabajo habituales en educación infantil (juegos, experiencias, actividades, cuentos...) integrando las ciencias naturales en las demás áreas propias de esta etapa”. Como se puede apreciar, se aboga por una concepción de enseñanza más bien tradicional centrada en la realización de actividades de distinto tipo sin un hilo conductor claro más que la comprobación de la teoría planteada por el maestro(a). También es importante comentar críticamente la forma de plantear el plan de estudios de las Ciencias Naturales en la Facultad de Magisterio de esta Universidad: por una parte, se presenta la asignatura Ciencias para Maestro, en donde se exponen los contenidos científicos a tratar en Ciencias, y, por otra, en cursos diferentes, las asignaturas dedicadas a las enseñanzas de la Didáctica de dichas Ciencias.

Este aspecto contrasta con estudios en el campo de la Didáctica de las Ciencias donde se aconseja precisamente lo contrario, dado que desligar la didáctica del contenido científico no aporte herramientas al maestro para que domine una metodología clara de enseñanza (Smith y Neale, 1989; Smith, 2002) y las oportunidades para desarrollar el conocimiento didáctico del contenido o CDC, o cualquier otra forma de conocimiento integrado, ocurrirán de manera ocasional y limitada y con ello, la competencia del profesor para enseñar eficazmente se verá reducida (Shulman, 1986, 1989; Abell, 2007). No está claro cómo el futuro maestro o maestra que ha de enseñar ciencias en la escuela puede ir adquiriendo de forma explícita y práctica un conocimiento didáctico del contenido, CDC.

Dentro de la asignatura de Didáctica de las ciencias: materia, energía y máquinas, uno de los contenidos es: “Análisis Didáctico de los contenidos escolares de ciencias en Primaria”, que según se aprecia en la guía docente hace referencia al análisis de textos escolares y de otros materiales didácticos, la extracción de ideas principales y su relación. Mapas conceptuales y la aplicación a temas como: Tierra, Sol y Luna; Materia, sólidos, líquidos y gases; Luz, Sonido; Calor y temperatura; Electricidad, Imanes; máquinas simples y artefactos de la vida cotidiana. Y aunque tiene interés hacer ver que los temas relacionados con la luz, sonido, electricidad, magnetismo y máquinas no los ven en la asignatura denominada Ciencias para Maestros, el análisis didáctico planteado se hará en base a las ideas que tienen los estudiantes de magisterio sobre los temas, y lo que aparece en el libro de texto para los niños.

22. Se puede apreciar dicha metodología en el siguiente enlace (descargado de la guía docente): <https://webges.uv.es/uvGuiaDocenteWeb/guia?APP=uvGuiaDocenteWeb&ACTION=MOSTRARGUIA.M&MODULO=33652&CURSOACAD=2017&IDIOMA=C>

Existe, además, un último apartado denominado: “*Desarrollo de las Destrezas Procedimentales*” y se mencionan la observación, descripción, formulación de preguntas, formulación de conjeturas e hipótesis, predicciones, explicaciones, razonamiento, medidas y registros, etc. También se menciona su aplicación a diferentes temas (mencionados anteriormente). Sin embargo, la guía no especifica si dicha *aplicación* hace referencia a la realización, por parte del estudiante, de secuencias didácticas con un hilo conductor pensado para enseñar esos contenidos y poder desarrollar dichas destrezas o, por el contrario, sólo se trata de que el profesor de la Facultad de Magisterio exponga a los estudiantes universitarios una colección de actividades para “*desarrollar destrezas procedimentales*”.

También es preocupante el hecho mismo de que se considere una “*destreza procedimental*” la formulación de preguntas, formulación de conjeturas e hipótesis, predicciones, explicaciones, razonamiento, cuando son de por sí, habilidades de pensamiento. Como se señala en Rivero et al. (2013), Couto et al. (2013) y Martínez-Chico et al. (2014a) en España estos primeros resultados ponen en evidencia la necesidad de discutir en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, *qué se hace, cómo se hace, por qué se hacen* estos programas así y, *qué pruebas se tienen* de que funcionan en la formación inicial de maestros.

Todo ello, como afirma Martínez-Chico et al. (2014a, 2014b) supone un reto para el futuro del área y la discusión explícita sobre la práctica docente en las aulas de formación inicial de maestros. En otros países también estas mismas reflexiones están a la orden del día, en investigaciones como las de Appleton (2003; 2008; 2013) también se muestra la necesidad urgente de enseñar en las facultades de magisterio de forma tal que se pueda aportar a los futuros maestros claridad y colaboración para familiarizarse y dominar el currículo, ayudarles a comprender y desarrollar su conocimiento base (contenido científico, conocimientos previos de los niños, conocimiento sobre estrategias de enseñanza y su evaluación) necesario para planificar actividades de aprendizaje que realmente contribuyan al desarrollo de competencias en los niños.

Otros trabajos al respecto son los realizados por Forbes (2009, 2013) y Forbes y Biggers (2012) donde se muestra que al enseñar a los futuros maestros(as) nuevas metodologías de enseñanza como la indagación y su abordaje en el currículo de ciencias, ya en la universidad, como parte de su aprendizaje diario, se generan oportunidades para que desarrollen una amplia variedad de habilidades didácticas y pedagógicas para enseñar ciencias. Igualmente, en trabajos como los de Smith y Neale (1989) y Smith (2002) se evidencia que a los estudiantes de magisterio es tan necesario enseñarles los contenidos científicos a la par que metodologías de enseñanza para implementar dichos contenidos

en el aula. En sus estudios revelan cuán importante es permitir a los futuros maestros debatir en grupos de trabajo en torno a un concepto científico, para poder ser enseñado. En estos espacios es donde se reconocen las concepciones de enseñanza, las propias ideas previas sobre los conceptos científicos y el conocimiento en general que pueden o no tener los futuros maestros.

Algunos de los resultados de investigaciones a nivel mundial, acerca de la enseñanza de las ciencias muestran que, así como los alumnos llegan a clase con ideas personales respecto a los fenómenos, los profesores de ciencias también desarrollan sus propias concepciones frente a la enseñanza, la evaluación y el aprendizaje de los diferentes contenidos específicos (Furió y Carnicer, 2002b; Pozo et al., 2006). Sin embargo, durante la formación inicial y continua del profesor de ciencias, dichas visiones raramente son consideradas y, en consecuencia, no se les prepara para asumir puntos de vista críticos frente al saber, y mucho menos frente a su *quehacer*, lo cual sería posible si durante los cursos de formación inicial y continua hubiese espacio para la reflexión, la interacción social y la regulación de aprendizajes de manera permanente.

Como se menciona en Lieberman y Pointer (2008) *“El aprendizaje del profesorado no sólo es individual sino fundamentalmente social y a través de la experiencia y la práctica”* la formación del profesorado, por tanto, debe partir de sus propias inquietudes, preocupaciones y visiones de lo que se supone debe enseñar, así mismo se hace necesario el trabajo en grupos que promueva la búsqueda compartida de soluciones y alternativas para el desarrollo de acciones de mejora, lo que finalmente permite el trabajo cooperativo entre compañeros/as que se apoyan y se aceptan como interlocutores críticos que pueden llegar a evaluar y co-evaluar sus saberes, o lo que es lo mismo, desarrollar habilidades metacognitivas (Gunstone y Northfield, 1994).

Como lo plantean García y Sanmartí (2006), cada futuro profesor(a) al poder trabajar en el espacio de sus concepciones y de sus prácticas toma conciencia de ellas y las vincula a un referencial teórico que deriva en decisiones fundamentadas, es decir, que se plantea una práctica docente crítica-reflexiva. Por otra parte, en la toma de conciencia de los “¿por qué?”, “¿para qué?” y “¿cómo?”, se desarrollan habilidades metacognitivas que, a su vez, permiten la auto y co-regulación conceptual, procedimental y actitudinal de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, su base teórica, praxiológica y pragmática.

Cuadro 3: Planes de estudio de Magisterio de las 3 universidad públicas en la Comunidad Valenciana (descargados de las webs oficiales de cada universidad)

Universidad	Nombre de la asignatura	Contenidos estipulados según guía docente	Curso	Créditos	Carácter
Universitat de València	Didáctica General (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> El conocimiento, la educación y la escuela El currículo La relación educativa y la vida en el aula y el centro Ser maestro, ser maestra 	1	6	Formación básica cuatrimestral
	Ciencias Naturales para Maestros (90h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> La Tierra en el Universo. Energía y sus transformaciones. Materia y sus transformaciones. La Tierra un planeta cambiante. Biodiversidad. El Cuerpo humano y la salud. Sostenibilidad. 	2	9	Obligatoria anual
	Didáctica de las Ciencias: Materia, Energía y Máquinas (48h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> La Ciencia y la Educación. El Aprendizaje de las Ciencias: las ideas infantiles. Análisis Didáctico de los contenidos escolares de ciencias en Primaria. Desarrollo de las Destrezas Procedimentales. 	3	4,5	obligatoria cuatrimestral
	Didáctica de las Ciencias Sociales: Aspectos Básicos (48h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Las ciencias sociales y el problema de su contenido. Los usos públicos de las ciencias sociales. función socioeducativa e importancia. Las ciencias sociales y su papel en la enseñanza. 	3	4,5	obligatoria cuatrimestral
	Didáctica de las Ciencias: Medio Ambiente, Biodiversidad y Salud (48h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Competencias del profesor de Educación Primaria en el campo de la Biología y Geología. Análisis Didáctico de los contenidos escolares de ciencias en la Educación Primaria. Evolución de las Ideas de los alumnos de Educación Primaria en Biología y Geología. Diseño, fundamentación y elaboración de propuesta de enseñanza. La evaluación en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. 	4	4,5	obligatoria cuatrimestral
	Didáctica de las Ciencias Sociales: Aspectos Aplicados (48h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> La construcción del conocimiento social y cultural. La metodología en la enseñanza de las ciencias sociales. La programación de los contenidos socioculturales. 	4	4,5	obligatoria cuatrimestral
	Total de créditos de los 240 de toda la carrera:				27

	Optativas (Todas de carácter obligatorio si se desea la mención: <i>Mención en Especialista en Ciencias y Matemáticas</i>): Historia de las Ideas y del Currículo de Ciencias y Matemáticas Propuestas Didácticas de Ciencias y matemáticas TIC como Recurso Didáctico en Ciencias y Matemáticas Prácticas Escolares de Educación Primaria, Mención en Ciencias y Matemáticas			6 6 6 6	
Universitat d'Alacant	Enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales I (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Actitudes hacia el aprendizaje (y la enseñanza) de las ciencias. El aprendizaje de los conocimientos científicos. Aproximación a la naturaleza del trabajo científico. Objetivos, orientaciones metodológicas y contenidos del currículo oficial. ¿Qué y cómo enseñar ciencias a los niños de Primaria? Elaboración de secuencias de actividades mediante investigación guiada. 	2	6	obligatoria cuatrimestral
	Didáctica de las ciencias sociales: geografía (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Epistemología de la ciencia de referencia: Geografía. La Geografía y el currículo escolar. Transposición didáctica y dificultades de aprendizaje en Geografía. Recursos y materiales didácticos en Geografía. Investigación e innovación en Didáctica de la Geografía. 	2	6	obligatoria cuatrimestral
	Enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales II (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Características de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, en la etapa de primaria. Investigación de las concepciones de los niños. Intencionalidad didáctica de algunos de los siguientes temas: La medida y su enseñanza en la etapa primaria; las estaciones del año y del sistema Sol, Tierra y Luna; materia y sus transformaciones; diversidad de los seres vivos; La enseñanza sobre la luz y la visión. El sonido; Fuerzas eléctricas y magnéticas; 	3	6	obligatoria cuatrimestral
	Didáctica de las ciencias sociales: historia (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Concepto y campo epistemológico de la Historia e Historia del Arte. La Historia como ciencia. Causalidad, objetividad, tiempo histórico. El patrimonio histórico y cultural. Los derechos humanos. La organización social y política. Los medios de comunicación social y las TIC Historia e Historia del Arte en Educación Primaria. El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Historia e Historia del Arte en Educación Primaria. La programación de Aula en Ed. Primaria. 	3	6	obligatoria cuatrimestral
	Total de créditos de los 240 de toda la carrera:				24
Optativa: educación científica para maestros				6	

Univesitat Jaume I	Didáctica de la Física y Química (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Las Ciencias de la Naturaleza en sus aspectos físico-químicos en el currículum de Educación Primaria. Metodología de las Ciencias Experimentales. Recursos en la Enseñanza de la Física y Química: Laboratorio, simulaciones. La comprensión de la ciencia. Ideas del alumnado en física y química. Experimentos sencillos de laboratorio sobre contenidos de física y química del currículum de Educación Primaria: Diseño y realización. 	2	6	Obligatoria anual
	Didáctica de las Ciencias Naturales (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> La diversidad de los seres vivos. La salud y el desarrollo personal. El entorno natural y su conservación. Actividades, técnicas y recursos para la enseñanza de las ciencias naturales. 	2	6	Obligatoria anual
	Didáctica de las Ciencias Sociales: Geografía (60h presenciales)	<p>La construcción del concepto de espacio. Nociones básicas de orientación espacial. Percepción y representación a escala. El sistema solar. La Tierra. El tiempo atmosférico y el clima. Las formas del relieve y el paisaje. La población. La producción y la actividad económica. Los medios de comunicación y transporte. Procedimientos y recursos didácticos. La unidad didáctica de geografía.</p>	3	6	Obligatoria anual
	Didáctica de las Ciencias Sociales: Historia (60h presenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Las ciencias sociales y el diseño curricular. Las unidades básicas de tiempo. La cronología histórica. Hechos históricos y vida cotidiana. La didáctica en el aprendizaje y la enseñanza del tiempo. El uso del patrimonio cultural. Las grandes etapas históricas en diferentes escalas territoriales. Las formas de organización de nuestro entorno: familia, escuela y municipio; Comunidad Valenciana, Estado español i Unión Europea. Construcción de procedimientos y recursos didácticos. 	3	6	Obligatoria
	Total de créditos de los 240 de toda la carrera:			24	
Optativa: El laboratorio escolar en ciencias			6		

2.3.2 El conocimiento didáctico del contenido (CDC) entendido como constructo para analizar la competencia docente en la enseñanza de las ciencias

Según lo expuesto en el capítulo anterior, la formación de maestros debe atender pues, tanto al conocimiento de lo que es la ciencia y cómo se construye (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Hodson, 2008; Abd-El-Khalick, 2013), como a la problemática de su enseñanza y aprendizaje en la escuela (Furió et al., 2008; Furió y Furió-Gómez, 2009). Así mismo, está claro que se debe favorecer que los futuros maestros aprendan los contenidos de su materia por medio de un proceso de investigación e inmersión en la cultura propia de la disciplina, como el que se pretende que luego utilicen con su alumnado (Smith, 2002; Appleton, 2008; Gil y Vilches, 2008; Forbes, 2009, 2013; Forbes y Biggers, 2012; Martínez-Chico M., 2013, 2015).

No en vano, estudios desde los 90 (Pérez, 1992; Gil y Pessoa, 2000) evidencian que se tiende a enseñar más como se aprendió en la escuela y en la universidad que aplicando las ideas “*aprendidas*” sobre cómo se debería enseñar, por lo que una de las claves al momento de formar a los futuros docentes está precisamente en la metodología con la que se les enseña. Por otra parte, está claro que permitirles trabajar cooperativamente para que progresivamente desarrollen su capacidad de autoevaluarse y co-evaluarse, así como aprender a revisar y evaluar los conocimientos, inquietudes y problemas que tienen respecto de lo que se va a enseñar (Furió y Carnicer, 2002a; García y Sanmartí, 2006; Lieberman y Pointer, 2008; Vilches y Gil, 2013) es una de las mejores formas de contribuir al desarrollo de su competencia docente.

Consecuentemente, todo proceso de cambio en la formación del profesorado debe ir acompañado de la preservación de la autoestima y regulación emocional (en cuanto autoconcepto y autoeficacia se refiere) del futuro maestro o maestra, para que así puedan sentirse bien ante su enseñanza como futuros maestros (Alsop y Watts, 2003; Brígido y Borrachero, 2011; Mellado et al., 2014), ello implica no sólo identificar aquello en lo que se debe cambiar, innovar, sino también los aspectos que se deberían preservar y potenciar al respecto, ya que como señala Hargreaves (citado por Mellado et al., 2014): “*Las emociones están en el corazón de la enseñanza*”, los sentimientos y las emociones tienen un papel vital en el desarrollo del aprendizaje, ya que el mundo subjetivo y emocional que cada persona desarrolla sobre la realidad exterior da sentido a las relaciones y hace comprender el lugar propio que ocupamos en un mundo más amplio.

En resumen, un modelo de formación de docente debería promover que todos los estudiantes construyan un sistema efectivo de autorregulación integral y adquieran la

mayor autonomía posible que oriente no sólo su proceso de formación inicial, sino también su formación permanente. Se trata pues, de conseguir que el futuro profesor sea gestor de su propia práctica y que *aprenda a aprender* a lo largo de toda su vida profesional. Cabría preguntarse ahora ¿Qué modelo de formación permite integrar tal cantidad de dimensiones? Un modelo bastante estudiado y referenciado en diferentes países (y que se tomará como base de este trabajo de investigación) es el conocido como *Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC o PCK por sus siglas en inglés)* que fue postulado inicialmente por Shulman en (1986, 1987) y más desarrollado, posteriormente, por Shulman y colegas (Wilson et al, 1987; Grossman et al., 1989; Grossman 1990).

Este constructo es considerado actualmente un elemento central del conocimiento del profesor (Abell, 2008) y resulta fundamental hoy para promover el desarrollo profesional del profesorado de ciencias en países como Estados Unidos, entre otros muchos más, y así aparece recogido en los *National Science Education Standards* (NRC, 2000, 2012), en los estándares de la *National Science Teachers Association* para la preparación del profesorado de ciencias (NSTA, 2020) y en las recomendaciones del *National Research Council* para formar al profesorado de ciencias, matemáticas y tecnología en los inicios del siglo XXI (NRC, 2001).

Este concepto tiene tanta importancia en la actualidad que forma parte de numerosos trabajos presentados en diversos congresos organizados por prestigiosas asociaciones internacionales - *European Science Education Research Association* (ESERA), *National Association for Research in Science Teaching* (NARST), *Association for Science Teacher Education* (ASTE), etc. Así mismo, una de las revistas más reconocidas en el campo de la enseñanza de las ciencias -*International Journal of Science Education*-le ha dedicado un número monográfico en 2008.

¿Qué es pues el Conocimiento Didáctico del Contenido? ¿Cuáles son sus características? El origen del CDC se remonta a una conferencia que Shulman impartió en la Universidad de Texas durante el verano de 1983, titulada: *“El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza”*. Este paradigma resultó ser “el pensamiento del profesor sobre el contenido del tema objeto de estudio y su interacción con la didáctica”. Lo que Shulman proponía en aquella conferencia era centrar la atención en el estudio del pensamiento del profesor sobre la enseñanza del contenido de la asignatura (Gess-Newsome y Lederman, 1999).

Para ello, hay que tener en cuenta que toda actividad educativa tiene como respaldo una serie de creencias y teorías implícitas que forman parte del pensamiento del profesor y que orientan sus ideas sobre el conocimiento, su enseñanza y su aprendizaje (Briscoe,

1991; Lederman et al., 1994; Furió, 1995; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Abell, 2007; Abd-El-Khalick, 2013). El CDC incluye pues, las conexiones entre los conocimientos de la materia y didácticos del profesor. Esta interacción permite la transformación del contenido para su enseñanza, una especie de transposición didáctica del contenido (Chevallard, 1999), que es el aspecto más original de la propuesta de Shulman, como así lo manifestó Marcelo (1993).

En este punto, es importante aclarar que el constructo como tal no ha estado exento de críticas, en Acevedo (2009a), donde el autor muestra el estado del arte de este concepto y un análisis extenso del uso del mismo, se menciona que el planteamiento de Shulman suele estar demasiado centrado en los aspectos más académicos de la enseñanza y haber olvidado otros que tienen gran importancia actualmente para la profesionalización del profesorado, tales como la capacidad de establecer relaciones transversales más allá de la propia disciplina, la consideración de las dimensiones ideológica y social de las prácticas docentes, etc. (Escudero, 1993; Bolívar, 1993, 2005, 2006 citados en Acevedo, 2009a), así como otros más propios del aprendizaje, como la dimensión afectiva, los aspectos motivacionales, etc. Lo que desde luego tienen importancia y debe considerarse a la hora de considerar el CDC la base teórica de una investigación, como es nuestro caso.

2.3.2.1 Estructura del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC)

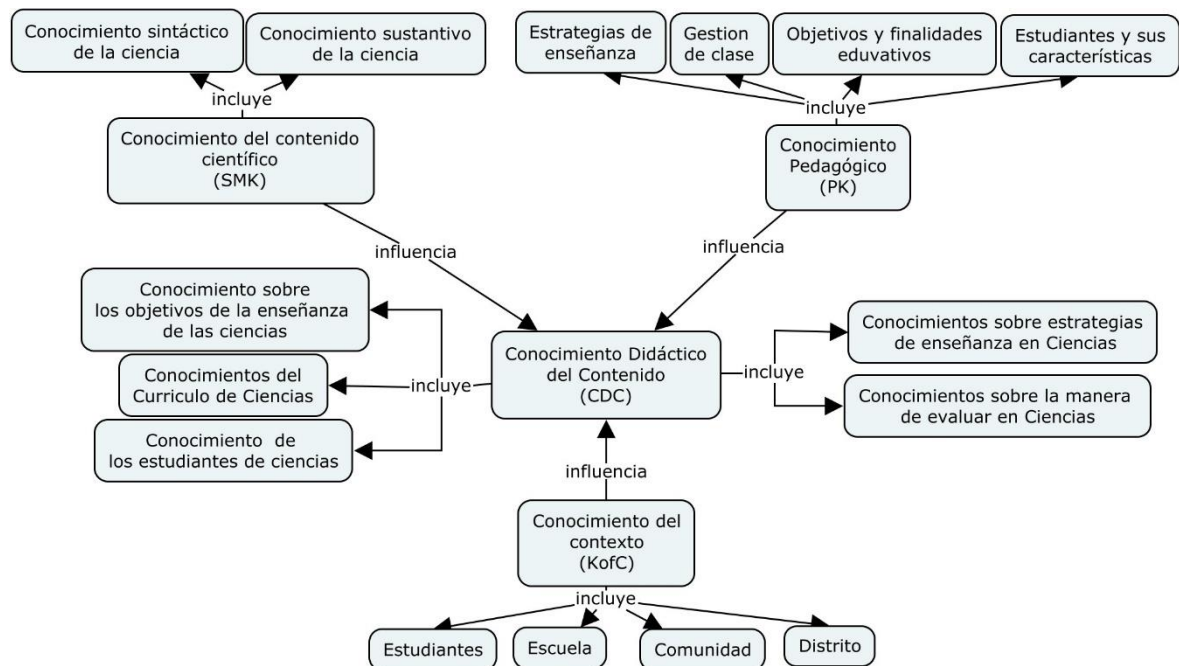
En el capítulo 36 del *Handbook of Research on Science Education*, Sandra Abell (2007) realiza un resumen bastante claro sobre lo que es el CDC y su estructura. La autora muestra que tanto Shulman (1986, 1987) como sus colegas (Hashweh, 1985; Grossman et al., 1989; Grossman 1990; Wilson et al., 1987) definen el CDC como el conocimiento que desarrolla el profesor para ayudar a otros a aprender, en palabras de Shulman (1987, pp. 9): “*es el conocimiento que va más allá del tema de la materia per se y que llega a la dimensión del conocimiento del tema de la materia para la enseñanza*”. Los profesores construyen el CDC de acuerdo a contenidos específicos dentro del área en que enseñan²³, y le permite responder a preguntas tales como: “*¿Qué analogías, metáforas, ejemplos, símiles, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, o similares, son las formas más efectivas para comunicar los entendimientos apropiados o las actitudes de este tópico a estudiantes con antecedentes particulares?*” (Shulman y Sykes, 1986).

Así pues, el CDC incluye todo el esfuerzo que hace el profesor para hacer comprensible un tema en particular, así como también un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el

23. Los trabajos de Shulman y colaboradores estudian específicamente a profesores de ciencias de secundaria.

aprendizaje de tópicos específicos (Garritz y Trinidad, 2006). Shulman (1987, pp. 8) afirma que este conocimiento “*representa la mezcla entre materia y didáctica por la que se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses y capacidades de los y las estudiantes, y se exponen para su enseñanza*”. Este conocimiento a su vez, está influenciado por otros conocimientos base que, en teoría, posee el profesor, y son: Conocimiento pedagógico (PK)²⁴, Conocimiento del contenido científico (SMK)²⁵ y Conocimiento del contexto (KofC)²⁶ (ver figura 3).

Figura 3: Modelo del Conocimiento del profesor de ciencias, modificado por Grossman, 1990 y Magnusson et al., 1999. Tomado de Abell (2007) pp. 1107.



El esquema presentado, es el planteado originalmente por Magnusson, Krajcik y Borko (1999), quienes trabajaron sobre el CDC con la ventaja de concentrarse en estudios sobre profesores de ciencias naturales, y la modificación sobre la influencia del contexto planteada por Grossman (1990). Se considera que esta propuesta tiene dos fortalezas, la primera es que se visualiza *el conocimiento profesional del profesor(a) como una interacción de cuatro tipos de conocimiento*: el pedagógico, el disciplinar (saber específico), el del contexto y el CDC. La segunda, es que *asumen el CDC como el resultado de la transformación de estos otros conocimientos, que interactúan y se relacionan con los contextos de actuación de los profesores(as)*. Las características de dichos conocimientos son las siguientes:

24. Por sus siglas en inglés: Pedagogical knowledge (PK)
 25. Por sus siglas en inglés: Science subject matter knowledge (SMK)
 26. Por sus siglas en inglés: Knowledge of context (KofC)

- El Conocimiento Pedagógico (PK) incluye todas aquellas representaciones, conocimientos, destrezas –de forma genérica– que posee el profesor, cuando llega a un aula de clase, es decir, hace referencia a los conocimientos generales sobre la variedad de estrategias de enseñanza, gestión del aula, métodos de evaluación, didáctica general, objetivos educativos, etc.
- El Conocimiento del Contenido (SMK) está relacionado con los contenidos de la disciplina (nociones, conceptos, procedimientos, su historia y epistemología, etc.) que el profesor/a va a enseñar. Shulman (1986) expresaba que el profesor no solo tiene que entender que algo es así, sino también por qué es así, cuáles son las razones que justifican el enunciado, en qué circunstancias podría debilitarse nuestra convicción al respecto, e incluso llegar a rechazarse. De igual forma, este conocimiento está relacionado con las estructuras sustantivas y sintácticas del contenido, Abell (2007) explica que la visión de Shulman respecto al SMK deriva de los trabajos de Schwab (1966), quien define dos tipos de conocimiento de una disciplina: el sustantivo y el sintáctico. El primero hace referencia a la organización y definición de conceptos, hechos, principios y teorías de una disciplina; el segundo hace referencia a las normas y procesos seguidos para obtener las evidencias y pruebas que posteriormente son usadas para generar y justificar el conocimiento producido en la disciplina.

Es evidente que, visto de esta manera, el conocimiento, resulta muy amplio e imposible de abarcar durante unos pocos años de formación inicial. Lo que claramente destaca la necesidad de abordar unos pocos contenidos para estudiarlos en su sentido más amplio, ofreciendo a los futuros maestros(as) una perspectiva amplia de lo que supone y exige el dominio de un contenido científico. Para dicha selección, los trabajos de Harlen (2010) sobre las “*grandes ideas*” o “*ideas clave a enseñar en ciencias*” son de gran relevancia, ya que, en conjunto, abogan por la comprensión de los acontecimientos y fenómenos de relevancia para la vida de los estudiantes durante y más allá de sus años escolares.

Harlen destaca la importancia de que los maestros partan de las “ideas pequeñas” que los niños han desarrollado en experiencias anteriores para progresar hacia las grandes ideas. Los *National Science Education Standard* (NRC, 2000) también reconocen la importancia del conocimiento del contenido, y afirman que “*los profesores necesitan saber cómo los hechos, principios, leyes y fórmulas que han aprendido en sus propios cursos de ciencias se relacionan con las ‘ideas importantes’.* También necesitan conocer las pruebas del contenido que enseñan (cómo sé que sé). En definitiva, necesitan aprender el ‘proceso’ de la ciencia: qué es investigación científica y cómo hacerla”.

- El Conocimiento del Contexto (KofC) tiene que ver con las preguntas de dónde y a quién se enseña. Se asume que cada profesor debe conocer la institución educativa donde labora, a sus compañeros, a sus estudiantes y, con ello, toda la cultura, características y relaciones que se establecen con el entorno donde se desempeña. De ahí que sea un conocimiento que se construye en la medida en que el docente ingresa a una nueva comunidad, pero se constituye en un conocimiento que el profesor debe usar en su enseñanza.

Magnusson et al. (1999) también opinan que el CDC a su vez está compuesto de cinco componentes²⁷: a) orientación hacia la enseñanza de las ciencias que incluye el conocimiento, por parte del profesor, de las finalidades de la enseñanza de las ciencias, b) conocimiento y creencias sobre el currículo y estándares de ciencias incluyendo los nacionales, estatales y distritales, c) conocimiento y creencias sobre los métodos de evaluación en ciencias, que incluye el qué y cómo evaluar a los y las estudiantes, d) conocimiento y creencias sobre metodologías y estrategias didácticas específicas de enseñanza de las ciencias y, e) conocimiento y creencias sobre las ideas previas, dificultades y la comprensión que tienen los estudiantes sobre tópicos específicos de ciencias.

En este punto también se hace necesario aclarar que hemos tomado el esquema de la figura 3, mostrado por Abell (2007), por considerarlo uno de los más amplios a la vez que completos. Sin embargo, el modelo del CDC, como explica la misma Abell (pp. 1107), ha sido trasladado, explicado, revisado y extendido por numerosos investigadores de enseñanza de las ciencias (Tamir, 1988; Gess-Newsome y Lederman, 1999; Magnusson et al., 1999; Appleton, 2000; Barnett y Hodson, 2001), por lo que el modelo ha formado parte del marco teórico de muchas investigaciones, tanto en el pasado como actuales, sobre el conocimiento de los profesores de ciencias.

2.3.2.2 El Conocimiento del Contenido (CC) de los maestros y su relación con la enseñanza de las ciencias

No está demás clarificar, en primera instancia, que dado la necesidad e influencia que tienen todos los tipos de conocimientos y componentes del CDC unos sobre otros, es imposible compartimentar y separarlos tanto, sin embargo, dado la especificidad y gran cantidad de investigaciones, sí que podemos mostrar aquí los resultados de trabajos respecto al NdC y CC (o SMK, Subject Matter Knowledge) de los maestros(as).

27. No mostraremos en esta sección resultados de estudios respecto a estos componentes, ya que el b, c y e han sido tratados en los apartados 2.1.2.1 y 2.1.3 respectivamente. Lo concerniente al componente d ha sido comentado a lo largo de los dos capítulos ya que es un tópico que nos ha permitido argumentar en varias secciones las estrategias de enseñanza que usan los maestros(as) para enseñar ciencias. Más adelante, en el apartado 2.2.2.2 se expondrá el componente a.

Se han venido realizándose desde los años 80 muchas investigaciones, en varios países, relacionadas con el CC, tanto de la percepción a nivel general que tienen los maestros y maestras, de los contenidos científicos, como estudios sobre conceptos específicos y el conocimiento que tienen los maestros(as) de los mismos. En España, Martín del Pozo et al. (2013) realizaron un estudio sobre la importancia que dan, o no, los maestros(as) en activo al dominio de los contenidos, el uso de los mismos en su práctica habitual, qué significa para un maestro(a) dominar los contenidos y si se consideran adecuadamente formados respecto a dichos contenidos.

En los resultados que obtuvieron, curiosamente sólo el 79% (de una muestra de 343 maestros en activo) de los entrevistados consideraba fundamental dominar los contenidos del área que imparten y por tanto daban gran importancia a la presencia de los mismos durante la formación universitaria; el porcentaje restante considera que dominar los contenidos no es importante porque *“al ser tan elementales, se supone que basta con los conocimientos que se traen desde la secundaria y/o bachillerato o, simplemente basta, con revisar los del libro de texto guía”*.

Respecto al uso que dan al dominar estos contenidos, encuentran tres tipos de planteamientos, 1) dominio académico, tipo enciclopédico (el más frecuente), que demuestra que el maestro(a) tiene más información que su alumno; 2) dominio metodológico-didáctico, en el sentido de ser capaz de transmitir ese contenido pero no necesariamente porque se domine, es decir, un maestro puede planificar una clase de un tema específico (que conceptualmente no domina) pero ayudándose de actividades varias para finalmente dar por visto el tema. Finalmente, 3) un dominio del contenido entendido como una mezcla entre los dos aspectos anteriores, que implica un maestro que domina el contenido y también domina como transmitir ese contenido.

Los autores también encuentran que los maestros en activo manifiestan haber obtenido bastantes contenidos de diferentes áreas durante su carrera, pero poco sobre cómo enseñar dichos contenidos, lo que les causó desazón al iniciar su vida profesional, producto de los años de experiencia iban montando sus propias estrategias de enseñanza según qué contenidos tuvieran que trabajar, al estilo de ensayo-error. Por otra parte indican que la formación inicial de los maestros en los contenidos que habrán de enseñar no puede hacerse al margen del análisis y la reflexión sobre asuntos tales como: ¿qué contenidos se prescriben en el currículo de Primaria?, ¿qué contenidos incluyen los libros de texto?, ¿qué sabemos por nuestra formación escolar?, ¿cómo ha evolucionado el conocimiento de un contenido a lo largo de la historia?, ¿qué ideas tienen los alumnos de Primaria sobre dicho contenido?, ¿qué contenidos seleccionar?, ¿cómo pueden tener sentido para los alumnos?.

En conclusión, los autores afirman que la formación inicial no puede seguir siendo un 'repaso' de los contenidos al margen de cómo se deben enseñar y aprender en Primaria dichos contenidos, ni un mero recetario de técnicas de enseñanza y aprendizaje al margen de los contenidos concretos que se enseñan. Lo que también concuerda con conclusiones de otros autores en España, respecto a la formación de maestros(as), que manifiestan la importancia de pasar de una formación dirigida a la acumulación de conocimientos a la formación dirigida a la integración de saberes prácticos (Zabalza, 2006).

En cuanto a los estudios sobre contenidos específicos, en Nueva Zelanda, por ejemplo, algunos trabajos muestran que los maestros tienen mayor claridad en cuanto a los conceptos de biología (plantas, animales, ser vivo) mientras que en los conceptos relacionados con la física (energía, calor, temperatura, fuerzas, gravedad, etc) tienden a experimentar las mismas dudas que las que tienen los estudiantes respecto a los mismos conceptos (Hope y Townsend, 1983, citado por Abell, 2007). Estudios en Reino Unido, como los realizados por Harlen (1997; 2010) y Harlen y Holroyd (1997) evidencian los problemas que los maestros de primaria tienen en algunos conocimientos científicos y tecnológicos y, el grado en que éstos están asociados con la falta de confianza para enseñar los mismos.

Los resultados de sus trabajos indican que existen algunos conceptos o conjunto de los mismos, que los maestros de primaria entienden con rapidez (los cambios de estado, los huesos se mueven gracias al músculo, etc.), otros requieren más amplia atención para poder ser completamente entendidos (el vapor de agua presente en el aire se condensa sobre superficies frías, los músculos tiran, no empujan) y finalmente otros son de difícil entendimiento e incluso, resistentes al cambio (reflexión de la luz, flujo de energía en los circuitos) lo que varias veces les lleva a enseñar los mismos con equivocados recursos de enseñanza (inapropiadas analogías como, por ejemplo, mostrar mecanismos sin evidencia alguna, etc.) lo que con regularidad tiene el efecto de limitar seriamente el aprendizaje de los niños.

El CC en conceptos sobre la química, también ha sido estudiado tanto en maestros en activo como estudiantes. Abell (2007) muestra los resultados de trabajos en donde se evidencia que, con frecuencia, los futuros maestros tienen dificultades a la hora de caracterizar la estructura de la materia y confunden la mayoría de las veces los conceptos de sustancia y elemento, mezcla y compuesto o elemento y compuesto (Gabel, 1987; Martín del Pozo, 2001, citados por Abell, 2007). Así mismo, en otros trabajos como los de se evidencia la tendencia del maestro en formación y en activo, de no utilizar el modelo cinético-molecular de la materia, aunque fuese superficialmente, como modelo explicativo

para explicar los cambios de estado o cambios de volumen (Roth, 1992, citada por Abell, 2007).

En cuanto al CC en conceptos propios sobre la Tierra y el Espacio, también se encuentra que la mayoría de maestros(as) y futuros maestros(as) presentan problemas en la visión científica del modelo explicativo de las estaciones, el día y la noche, las fases lunares (Schoon, 1995; Camino, 1995; Atwood y Atwood, 1996, 1997; Parker y Heywood, 1998, citados por Abell, 2007), lo que también concuerda con las principales ideas alternativas que manifiestan los niños. En el dominio de la física, es donde más se han hecho investigaciones relacionadas con el CC de los maestros. Lawrenz (1986) estudió por medio de un test de selección múltiple los conocimientos de física que tienen los maestros en activo y, encontró que no entienden los conceptos relacionales con corriente eléctrica, fenómenos relacionados con la luz, la mezcla de gases ni el concepto de temperatura.

Los trabajos de Kruger et al. (1990a, 1990b, citados por Abell, 2007) muestran resultados acerca del conocimiento de los profesores sobre la gravedad y peso, fricción, combinaciones de fuerzas y el concepto de fuerza resultante, la relación entre fuerza y movimiento. Los autores encontraron que casi todos los maestros tenían puntos de vista sobre estos conceptos que no estaban de acuerdo con las interpretaciones científicas generalmente aceptadas y, la mayoría de las opiniones mantenidas son similares a las de los niños reportadas por otros investigadores.

Abell (2007) menciona que casos similares ocurren con otras investigaciones llevadas a cabo sobre temas específicos como la luz y la sombra (Bendall et al., 1993; Smith, 1987; Smith y Neale, 1989), sobre la electricidad (Jones et al., 1999; Daehler y Shinohara, 2001), sobre sonido (Jones et al., 1999), sobre el concepto de energía (Kruger, 1990; Kruger et al., 1992; Nottis y McFarland, 2001), sobre calor y temperatura (Frederik et al., 1999; Jasien y Oberem, 2002), sobre flotación (Ginn y Watters, 1995; Parker y Heywood, 2000) y finalmente sobre presión del aire (Ginn y Watters, 1995; Rollnick y Rutherford, 1990). Todos estos estudios usan diferentes métodos para obtener tales conocimientos, desde encuestas, entrevistas abiertas y cerradas, test de opción múltiple hasta observaciones del trabajo en clase realizado por los maestros en sus clases.

¿Existe algún tipo de relación entre el CC de un maestro(a) y lo efectiva que pueda llegar a ser su enseñanza? Al respecto existen estudios con diversidad de resultados. Por ejemplo, Newton y Newton (2001) encontraron que los maestros de primaria con menor SMK (basado en su bagaje científico formal adquirido durante su etapa como estudiantes) interactuaban menos con los estudiantes, hacían pocas preguntas causales y pasaban más tiempo centrando su discurso en el desarrollo del vocabulario y las descripciones de

fenómenos o situaciones sin basarse en la evidencia; así mismo, no solían usar actividades prácticas -a pesar de que manifestaban que en sus clases había un énfasis en el razonamiento, el argumento y la explicación-.

Los autores también señalaron que cuantos más estudios de ciencia presentaban los maestros durante su etapa de secundaria, mayor era la tendencia de involucrar a los alumnos en el razonamiento causal. Otros trabajos como los de Smith y Neale (1989), señalan que las dificultades de los maestros(as) de primaria con la física de la luz afectaban su capacidad de centrarse en el entendimiento conceptual de la misma y actividades prácticas relacionadas, lo que limitaba su uso de ejemplos y metáforas para poder enseñar el tema. Por otra parte, Abell y Roth (1992) encontraron que cuando una maestra enseñaba un tema en el que tenía bajo dominio conceptual, empezaba sus clases tarde y terminaba pronto, usaba menos actividades prácticas y confiaba más en lecciones basadas en el libro de texto.

Sin embargo, examinando a los futuros maestros de primaria mientras planeaban una lección de ciencias, Symington y Hayes (1989) encontró relación directa del SMK con la capacidad de un futuro maestro para planear sus clases teniendo en cuenta materiales didácticos. En ocasiones la carencia de conocimientos no siempre es directamente proporcional con carencias en el uso de estrategias didácticas en el aula, por lo que opinaban que *“debe haber otros tipos de conocimientos y habilidades que compensen la falta de conocimiento científico”*. También argumentaban que un SMK inadecuado daba lugar a limitaciones en la planificación, sin embargo, utilizaban adecuadamente varias estrategias de enseñanza para trabajar en el aula.

2.3.2.3 El Conocimiento sobre la Naturaleza de las Ciencias (NdC) de los maestros(as) y su relación con la enseñanza de las ciencias

No es fácil caracterizar la adecuada naturaleza del conocimiento científico que, en teoría, deberían tener los profesionales docentes en el mundo actual (Murcia y Schibeci, 1999; Guisasola y Morentin, 2007). Furió (1995) planteaba que el profesor(a) debería conocer los problemas históricos y concepciones epistemológicas que se presentaron y coadyuvieron en la construcción de los conocimientos científicos, ya que ello podría dar pistas al profesorado sobre posibles secuencias de los contenidos del currículo que pueden facilitar el aprendizaje y, también, sobre obstáculos epistemológicos con los que se pueden encontrar sus estudiantes.

Por otra parte, varios estudios al respecto han destacado ciertas características deseables en el profesorado respecto a la adecuada visión de NdC (Lederman, 1992, 2007;

Lederman et al., 2001; Osborne et al., 2003; Guisasola y Morentin, 2007; Hodson, 1992, 2008; AAAS, 2013), entre las más destacadas se encuentran:

- El conocimiento científico tiene un estatus temporal y no debe ser aceptado como verdad incuestionable, es tentativo (es decir, sujeto a cambios).
- Los científicos estudian un mundo del cual son parte, y como tal, su trabajo no es objetivo ni libre de valores. Está claro que el científico(a), como ser humano que es, tiene creencias, valores, actitudes, etc. El conocimiento producido, esta pues sujeto al consenso de los pares. Este conocimiento es intersubjetivo, es decir, aceptado por la comunidad científica.
- El nuevo conocimiento científico se produce como resultado de la creatividad y la imaginación junto con la implementación de una metodología científica (entendida, en sentido amplio, no como una serie de pasos inamovibles, sino como un posible camino, sujeto a cambios, para resolver un problema).
- La ciencia progresa a través de investigaciones continuas y cuestionamientos críticos.
- La ciencia es dinámica y permanente, no una acumulación lineal de información. Está sometida a la crítica.
- Las observaciones del mundo se hacen a través de múltiples filtros construidos por conocimientos previos, creencias y teorías.
- Los científicos y la comunidad científica generalmente presentan unos estándares profesionales donde la mente abierta y la honestidad están presentes. Son morales y éticos en su acercamiento a su profesión.

¿Qué evidencian respecto a estas características deseables las investigaciones sobre los maestros en activo y futuros maestros? La literatura al respecto, muestra que tanto en profesores de secundaria, universitarios como en maestros, existe una problemática relacionada con ciertas tendencias absolutistas en las creencias sobre el conocimiento científico y su naturaleza: predominio del empirismo ingenuo (Porlán et al., 1997, 1998), visión positivista y absolutista de la verdad y del conocimiento (Tobin y McRobbie, 1997); prevalencia del método científico rígido (Porlán, 1994; Smith D., 2000). Otros estudios sobre los profesores de ciencias, como los realizados por Lederman (2007), identifican que en general, sus visiones son eclécticas, anticuadas.

Porlán (1994) en un estudio en el que analiza las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en estudiantes de magisterio, encuentra que creen en la existencia de un método único, universal e infalible para acceder al conocimiento científico; dicho método contempla los siguientes pasos: observación, elaboración de hipótesis, experimentación y conclusión a modo de teoría. Algunos sujetos compartían a su vez, la visión inductivista, ya que manifestaban que partiendo de una observación rigurosa se podía descubrir el conocimiento y formularlo ingenuamente como una teoría científica. En cuanto a la validez del conocimiento, Porlán encuentra concepciones diversas entre la absolutista y relativista²⁸ o bien mezcla de las dos.

Al analizar sus creencias con respecto a la superioridad del conocimiento científico, encuentra que la mayoría de estudiantes universitarios -en consecuencia, con sus visiones anteriores- concibe el conocimiento científico como una forma de conocimiento superior a cualquier otra, sobre todo superior al conocimiento cotidiano y al subjetivo. El propio Porlán, 1994 (pp. 73) explica esta visión de esta manera: *“si el auténtico conocimiento está en la realidad y sólo se puede descubrir por un proceso de inducción y a través de un método infalible, por su objetividad es innegable que el conocimiento así obtenido, ha de ser un conocimiento cierto, objetivo y, por tanto, superior”*.

Finalmente, en cuanto a la enseñanza de la ciencia, su visión de una adecuada clase de ciencias, incluye salir del estereotipo del uso del libro o el discurso del profesor para abogar por el uso de experimentos y actividades que activen al niño, lo cual se traduce en una visión más bien empiro-inductivista y una pedagogía idealista de la enseñanza de las ciencias. También se menciona en su estudio que, a pesar de creer firmemente en el método científico, la gran mayoría de maestros en formación, en las actividades que proponía para trabajar en el aula, no contempla la realización de hipótesis –por parte de los niños- y las actividades que planifican o contemplan los futuros maestros, son más bien cerradas y de tipo causa-efecto.

Casos parecidos ocurren en otros países, en USA por ejemplo, Abell y Smith (1994) revelan que los estudiantes de magisterio en formación tienen puntos de vista realistas y positivistas sobre la empresa científica, y que ponen poco énfasis en las dimensiones sociales o creativas de la disciplina. Las autoras manifiestan que, al ser estos estudiantes futuros maestros, pronto ofrecerán a los niños sus primeras experiencias con la ciencia escolar y sus creencias sobre la naturaleza de la ciencia pueden tener implicaciones tanto para su enseñanza como para el aprendizaje de la misma, es por ello que las autoras

28. Por absolutismo se entiende creer en la existencia de unos criterios de racionalidad universal que sirven para juzgar de manera absoluta la validez, veracidad y certeza de cualquier conocimiento. En el relativismo no se cree en la existencia de tales criterios, sino que depende del contexto cultural, social e histórico y, por tanto, la verdad del conocimiento siempre es relativa y está condicionada contextualmente por un espacio y un tiempo determinados (Porlán, 1994).

consideran fundamental trabajar con dichas creencias en las facultades de magisterio, no con la finalidad de simplemente evaluarlas, sino intentar redireccionarlas y actualizarlas.

En Australia, el trabajo de Murcia y Schibeci (1999) también evidencia que los futuros maestros tienen una comprensión ingenua y poco clara de la metodología científica, siendo constantes las referencias al “descubrimiento de la verdad” a través de las observaciones y pruebas experimentales (que al ser más y más comprobadas, dotan al conocimiento científico de veraz y niegan su naturaleza tentativa). Así mismo, encuentran que muestran una comprensión poco desarrollada sobre la construcción de las teorías científicas, ya que no contemplan en sus argumentaciones la influencia del contexto social y cultural en la ciencia, sin embargo, sí que argumentan que en el trabajo científico como tal influyen las creencias, valores y antecedentes personales de los científicos.

Al igual que los trabajos de Abell y Smith (1994), estos autores encuentran que la mayoría de estudiantes relaciona la creatividad con la generación de nuevas ideas para la investigación o el desarrollo de procedimientos experimentales, pero no con el desarrollo de ideas abstractas, el desarrollo de teorías o de modelos científicos. Más recientemente, en España, estudios como los de Guissasola y Morentin (2007) evidencian que la mayoría de los futuros maestros(as) de primaria presentan una concepción positivista de la ciencia, es decir, consideran que la ciencia es un cuerpo de conocimientos formado por fenómenos naturales y teorías que consideran verdaderos, por estar contrastados con los datos observables. Consideran a su vez, que los hechos científicos dan significado a la teoría y, que la observación y detección de fenómenos es la etapa más importante de la metodología científica.

Estos autores encuentran que dentro de esta concepción los estudiantes no distinguen claramente entre teorías y datos experimentales, ni tampoco asumen la existencia de diferentes estrategias generales y flexibles que utiliza la ciencia para resolver problemas y contrastar ideas. En cuanto al progreso científico, consideran que es siempre creciente y el cambio se produce cuando surgen nuevos hechos experimentales debidos principalmente a los avances tecnológicos. Los autores muestran también que, según las explicaciones dadas por los estudiantes de magisterio, existe una alta tendencia a no contextualizar el conocimiento científico en su marco teórico, es decir, no se comprende que la observación depende del marco referencial que tiene cada individuo (Bell et al., 2001). Tampoco contextualizan el conocimiento científico en un marco socio-cultural, aunque sí lo hacen, en el aspecto económico, cuando hablan de los factores que impulsan los programas de investigación científica.

Una minoría menciona aspectos como la subjetividad personal y los valores de los científicos. Finalmente, Guissasola y Morentin (2007) explican que esta situación es de esperar, ya que en España muy pocos programas de formación inicial del profesorado de ciencias consideran los contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia como parte de su programación o como una oportunidad para debatir sobre estas cuestiones. Según los autores, se hace necesario proveer a los futuros maestros(as) con materiales didácticos adecuados y espacios de formación, que les permitan reflexionar en clase sobre los aspectos principales de la naturaleza de la ciencia y mediante los cuales puedan integrar en una estructura única los diferentes conocimientos de la materia a enseñar.

Sin embargo, aclaran que “enseñar NdC” requiere a su vez profesores universitarios que tengan algo más que un rudimentario conocimiento sobre ella; este profesorado debería ser capaz de hablar sobre la naturaleza de la ciencia, proponer debates desde distintos puntos de vista, diseñar actividades que ayuden a sus estudiantes a comprender dichos aspectos, contextualizar la enseñanza con ejemplos, etc. Todo ello debería realizarse a lo largo del grado que realizan los estudiantes de magisterio, ya que como se evidencia en varios estudios (Gil, 1991; Furió y Carnicer, 2002b), las ideas y concepciones de los docentes sobre su materia, la enseñanza y el aprendizaje no cambian ni fácil ni rápidamente.

Para Guissasola y Morentin (2007) no basta con hacer un taller aislado y particular y esperar que sirva de base de conocimiento para que el futuro maestro lo implemente en su futura aula. Los autores aclaran que es preciso que el estudiante de magisterio llegue, incluso, a diseñar unidades didácticas para trabajar la comprensión de NdC en las aulas, teniendo en cuenta la edad y características del alumnado. Los autores afirman que sólo así, pueden garantizar las condiciones necesarias para posibilitar al futuro profesorado el poder realizar la transposición didáctica al aula con éxito y eficacia. Y ello debería tenerse en cuenta al momento de diseñar los planes de estudio para los grados de Magisterio y sus correspondientes itinerarios.

Se ha expuesto hasta el momento las creencias acerca de la naturaleza de las ciencias que tienen tanto maestros en activo como futuros maestros, pero ¿Son tan importante para el trabajo directo en el aula dichas concepciones? ¿Existe alguna relación directa entre las concepciones de ciencia y su influencia en la forma de enseñar ciencias? Al respecto existen diversos estudios que encuentran dicha relación, pero también existen otros tantos en los cuales sus resultados no evidencian relación alguna. Por ejemplo, en el trabajo realizado por Smith y Neale (1989) se encuentran cuatro tendencias diferentes en las que se relacionan las concepciones sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. La primera, *tendencia basada en el descubrimiento*, en la cual la ciencia se entiende como

un proceso de investigación y la enseñanza como facilitadora del descubrimiento por parte de los alumnos.

La segunda, *tendencia basada en los procesos*, en la cual la ciencia se elabora gracias al método científico y la enseñanza debe abogar por que los alumnos lo aprendan. La tercera, *tendencia basada en el dominio de contenidos*, la ciencia es vista como un conjunto de datos, conceptos y teorías y la enseñanza debe presentarlos adecuadamente a los alumnos. Finalmente, *tendencia basada en el cambio conceptual*, donde la ciencia es una forma de conocimiento que se construye y evoluciona, por tanto, la enseñanza debe facilitar la evolución de las ideas de los alumnos hacia el conocimiento científico.

En el trabajo realizado por Fernández et al. (2002) se caracterizan 7 visiones deformadas de la ciencia que se transmiten por la enseñanza, lo que de cierto modo, relaciona directamente las concepciones del profesor con su forma de enseñar ciencias. De hecho, en un trabajo posterior (Fernández et al., 2005), los autores hablan de que la superación de las mismas se constituye en un requisito esencial para la renovación de la educación científica. Las 7 visiones podrían resumirse así:

1) Visión descontextualizada, hace referencia a una percepción de la ciencia socialmente neutra, que no influye ni está influenciada por la cultura y creencias de los científicos, así mismo, se ignora, o trata muy superficialmente, las complejas relaciones CyT.

2) Visión individualista y elitista, donde los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados o minorías especialmente dotadas, ignorándose el papel del trabajo colectivo, en particular se deja creer que los resultados obtenidos por un sólo científico o equipo, pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis o, incluso, toda una teoría.

3) Visión empiro-inductivista y ateórica, advierte sobre una percepción de la ciencia donde la esencia de la actividad científica es la observación y de la experimentación "neutras" (no contaminadas por ideas apriorísticas), e incluso del puro azar, olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de las teorías disponibles, que orientan todo el proceso.

4) visión rígida, algorítmica e infalible, donde se presenta el "Método Científico" como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente, resaltando lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., y olvidando -o, incluso, rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda.

5) visión aporoblemática y ahistórica (ergo acabada y dogmática), que se evidencia en como la constante transmisión de conocimientos ya elaborados, conduce muy a menudo a ignorar cuáles fueron los problemas que se pretendía resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas, etc., ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas. Se trata de una concepción que la enseñanza de la ciencia refuerza por omisión (Fernández, 2000).

6) Visión exclusivamente analítica, hace referencia a no tener en cuenta que el análisis en el proceso científico, pese a ser sumamente importante, utiliza la simplificación y control riguroso en condiciones preestablecidas, lo que introduce elementos de artificialidad indudables, que no deben ser ignorados ni ocultados: los científicos deciden abordar problemas resolubles y comienzan, para ello, ignorando consciente y voluntariamente muchas de las características de las situaciones estudiadas, lo que evidentemente les “aleja” de la realidad.

7) Visión acumulativa, de crecimiento lineal, donde se presentar el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo et al., 1999), ignorando las crisis y confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio, que incluyen auténticas ‘revoluciones científicas’.

Por otra parte, existen varios trabajos como los de Hodson (2008) en el que se plantea que poseer concepciones válidas sobre la naturaleza de la ciencia es un requisito –más no garantía– de que el trabajo docente sea coherente con estas. En el mismo sentido, Lederman (2007) analiza una serie de trabajos de investigación relacionados con este tema, y llega a la conclusión que una determinada visión sobre la ciencia no es causa de una determinada práctica docente, por lo que le parece cuestionable aducir una relación directa entre las concepciones de los profesores sobre la ciencia y su enseñanza.

Otro trabajo que también advierten sobre la imposibilidad de establecer una relación entre la conducta en el aula y las concepciones sobre la naturaleza de las ciencias, debido a lo complejo de esta relación es el publicado por Solís y Porlán (2003). De hecho, en sus análisis respecto a la relación entre NdC y modelos pedagógico-didácticos los profesores manifestaban ideas de ida y vuelta desde el modelo tradicional (con visiones empiro-inductivistas) hasta matices del modelo constructivista de indagación (visiones más relativistas y constructivistas)²⁹.

29. Lo que los autores definen como indefinición epistemológica, dado que presentan un continuo entre una imagen rígida y dogmática de la ciencia y su evolución histórica, hasta una visión más integradora, creativa y humana de la misma; sin que ninguna de las dos posiciones prevalezca.

Igualmente pasa con los trabajos de Mellado (2001), donde encuentran que, con respecto a las concepciones sobre la enseñanza de las ciencias, suelen coexistir rasgos de diferentes modelos teóricos, incluso en forma contradictoria y se establece que existe relación entre las concepciones sobre la enseñanza y sobre el aprendizaje de las ciencias, pero no se encuentran isomorfismos entre las concepciones sobre la ciencia y el proceso de su enseñanza-aprendizaje. Con lo que no pudo establecer correspondencias, de manera general, entre las concepciones epistemológicas y la conducta en el aula; esta situación se repite en posteriores investigaciones (Mellado y González, 2000).

2.3.2.4 Estudios sobre el CDC de ciencias de los maestros y maestras

¿Cómo se puede obtener el CDC de los docentes?

Varias investigaciones, incluyendo las realizadas por el propio Shulman (1986, 1987, 1989), evidencian que extraer el CDC de los profesores(as) no es tarea fácil, es un proceso complejo y, como expresan algunos autores (Baxter y Lederman, 1999; Loughran et al., 2001), para identificar dicho conocimiento se deben tener en cuenta varios aspectos, a saber:

- No está solamente asociado con la implementación de una determinada lección. Las actividades de la buena docencia pueden contribuir al CDC, pero por lo general no son ejemplos explícitos del CDC por sí mismos. Por ejemplo, al intentar estudiar el conocimiento del profesor sobre sus “mejores ejemplos” no podemos limitarnos exclusivamente a datos observacionales de su clase, ya que el profesor seguramente usará en una cierta lección sólo algunos pocos de su conjunto de ejemplos acumulado por su experiencia o estudio particular.
- Es una noción compleja que resulta ser reconocible sólo sobre un periodo largo de tiempo, al menos el tiempo requerido para completar una unidad completa de trabajo. Aunque en muchas ocasiones el profesor no utilice toda su “batería” con un grupo dado de estudiantes.
- Es mantenido y conservado inconscientemente por el profesor. Se trata parcialmente de una construcción interna que es tácita y, por lo tanto, difícil de reconocer y expresar por los propios profesores. Involucra, entre otras cuestiones, el conocimiento de las dificultades específicas de aprendizaje de los estudiantes con algún tópico, cuestión que no resulta común escuchar de viva voz de los profesores.

Baxter y Lederman (1999) también mencionan que las fuentes más comunes para extraer el CDC pueden ser las siguientes: pruebas de lápiz y papel, observación de las clases, elaboración de mapas conceptuales, entrevistas, evaluaciones multi-método. Otros autores como van Driel, de Jong y Verloop (2002) quienes intentaban encontrar la forma en que desarrollan los futuros profesores de química su CDC, utilizaron cuestionarios escritos, entrevistas con cada profesor de pregrado y sus respectivos tutores, y una grabación de audio de una sesión de taller específico en el programa de formación docente. Más recientemente, Loughran et al. (2012) presentan dos herramientas muy interesantes para recopilar el CDC: CoRe (Content Representation) y PaP-eRs (Professional and Pedagogical experience Repertoires).

Para obtener la Representación del Contenido (CoRe) empiezan por extraer del profesor las ideas o conceptos centrales de su formulación de un tema, y para cada idea central le preguntan: ¿Qué intentas que los estudiantes aprendan sobre esta idea? ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender esta idea? ¿Qué más sabes sobre esta idea (Lo que tú no vas a enseñar por ahora a los estudiantes)? ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de esta idea? ¿Qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de esta idea? ¿Cuáles otros factores influyen en la enseñanza de esta idea? ¿Qué procedimientos empleas para que los alumnos se comprometan con la idea y, sobre todo, cuáles son las razones particulares para usar esos procedimientos y no otros? ¿Qué maneras específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre la idea?

Los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica (PaP-eRs), por su parte, se desarrollaron como una consecuencia natural de la necesidad de profundizar en la gran cantidad de aspectos que implica el CoRe con el fin de captar la esencia del razonamiento pedagógico y propósitos de los profesores; para hacerlo explícito, tácito, es muy distintivo e individual. Son explicaciones narrativas del CDC de un profesor para un tópico particular del contenido científico. Aclaran que cada PaP-eR “desempaca” el pensamiento del profesor(a) alrededor de un elemento del CDC para ese contenido científico específico y está basado en observaciones de clase y comentarios hechos por el profesor(a) durante las entrevistas en las cuales se desarrolla el CoRe.

Se intenta que los PaP-eRs representen el razonamiento del profesor, o sea, el pensamiento y acciones de un profesor de ciencia al enseñar un aspecto específico del contenido científico, sirven también para explicar lo que un profesor toma como acciones primordiales al dar su clase. Los autores en su trabajo explican que tanto CoRes y PaP-eRs se combinan necesariamente para ilustrar lo que podría implicar el desarrollo del CDC, pero ningún aspecto de ellos, por sí sólo, define el CDC. También explican que son

herramientas para hacer concreto el CDC, pero también reconocen su importancia como una construcción abstracta y, rechazan que su metodología sea caracterizada como una receta para, o una lista de competencias del, PCK.

Aunque no desarrollaron dichas herramientas como documentos curriculares, muchos profesores de su estudio inmediatamente los trasladaron a esa forma. Utilizaron (en particular) los CoRes como una forma de reconsiderar qué contenido científico podría mostrarse, cómo podría ser organizado y qué significaba organizar el plan de estudios conceptualmente, en lugar de hacerlo de manera lineal. Los PaP-eRs fueron un poco más desafiantes, les gustaba leerlos y cuestionar acerca de lo que se retrataban, pero por lo general, encontraron que se consumía mucho tiempo y no los encontraban tan valiosos desde una perspectiva personal.

Por lo tanto, el valor para los profesores fue en términos de fomentar la reflexión sobre la práctica, crear un lenguaje compartido para discutir la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, todo lo cual se convirtió en un trampolín para su propio aprendizaje profesional.

¿Cómo se puede contribuir al desarrollo del CDC de los futuros maestros?

La literatura acerca del CDC no está tan ordenado como la literatura expuesta sobre el SMK. Algunas investigaciones directamente estudian el concepto general CDC, pero sólo una pequeña porción discute explícitamente un particular componente del CDC (de los cinco señalados en el esquema de la figura 3). Abell (2007) y de Jong (2009) señalan que la mayoría de investigaciones usan el CDC como término genérico para varios de los componentes, otros no mencionan el CDC en absoluto, ya sea porque precedieron al trabajo de Shulman a mediados de la década de los 80, o utilizan marcos distintos al de Shulman para interpretar sus hallazgos.

Otros investigadores que usan el marco del CDC introdujeron nuevos constructos en la literatura, incluyendo "actividades que funcionan (*activities that work*)" (Appleton, 2002) y "Conocimiento del contexto pedagógico" (Barnett y Hodson, 2001). Por otra parte, las palabras que los investigadores usaron para el "*conocimiento docente, ya sea pedagógico o didáctico*" se han confundido dentro y entre los estudios, e incluyen términos tales como *concepciones, percepciones, teorías, preocupaciones y creencias, además de conocimiento*. Así mismo, la literatura específica sobre el CDC del maestro(a) de primaria, tanto en activo como en formación, es más bien poca.

Peterson y Treagust (1995, citado por Abell, 2007) usan el modelo de razonamiento pedagógico de Shulman para estudiar las estrategias de razonamiento de los maestros

de ciencias mientras planifican sus clases de ciencias al completar un tema basado en problemas. Utilizando una metodología de estudio de casos, los autores informan que la capacidad inicial de razonamiento pedagógico de los futuros maestros(as) es más bien limitada ya que no contemplan, ni utilizan la mayoría de fases integrantes en el modelo. Sin embargo, al tener la oportunidad de explorar todas las etapas del proceso de razonamiento pedagógico, fueron capaces de refinar su capacidad de razonamiento.

A través de una combinación de trabajo grupal y de investigación individual, los maestros en formación fueron capaces de integrar sus conocimientos de ciencias, conocimientos curriculares y conocimientos de los alumnos y aplicarlos a una situación de enseñanza de pares y desarrollar sus habilidades pedagógicas de razonamiento. Aclaran también que los estudios referidos a obtener el CDC de un maestro son complicados ya que muchas veces se ha observado que el conocimiento usado por el maestro(a) al momento de enseñar, no es el mismo que el representado por ellos mismos de forma escrita, ya sea en entrevistas o instrumentos múltiples de recolección de datos.

Otros trabajos como los de Nilsson (2013) y Nilsson, et al., (2012) evidencian que en las facultades de magisterio se hacen necesarios espacios donde los futuros maestros puedan desarrollar el conocimiento didáctico de los contenidos (CDC) de ciencias. En sus estudios, se trabajó con los estudiantes de magisterio durante un semestre entero y como parte de una asignatura propia de la carrera, la herramienta que se utilizó para desarrollar el CDC fue *CoRe (Content Representation)*. En esencia *CoRe* intenta explorar las visiones generales de enseñanza de los futuros maestros en torno a un tema de ciencias específico o a una “*gran idea, gran tópico*”, permite obtener el conocimiento de los participantes de un determinado concepto y cómo éste puede ser enseñado. Funciona a través de cuestiones que han de responder los participantes para luego ser debatidas con grupos de compañeros, de modo que puedan evaluar sus propias creencias y conocimientos y puedan obtener herramientas adecuadas para planificar una secuencia de aprendizaje.

Algunas de las cuestiones de *CoRe* son las siguientes: ¿Por qué es importante que los estudiantes conozcan esta idea? ¿Qué sabes tú sobre la misma? ¿Qué posibles dificultades tendrán los estudiantes con el aprendizaje de la misma? ¿Cómo afectara ello a su posible enseñanza? ¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de esta “*gran idea*” o tema? ¿Cómo la enseñarías y por qué lo harías así? etc. Los autores concluyen que *CoRe* es una manera de ayudar a los maestros en formación a conceptualizar su aprendizaje profesional y darles la posibilidad de desarrollar activamente sus conocimientos profesionales en un área de contenido específico (es decir, ofrecer oportunidades reales para desarrollar su CDC), esta metodología también se ha aplicado con éxito en formación de profesores de secundaria (Padilla et al., 2008).

Por su parte, Appleton, (2003; 2008; 2013) también muestra en sus trabajos la necesidad urgente de enseñar en las facultades de magisterio a desarrollar el CDC en los futuros maestros. Su metodología de trabajo se basa en generar grupos pequeños de discusión, “moderados” o “tutorizados” por un experto que pueda aportar a los futuros maestros claridad y colaboración para familiarizarse y dominar el currículo, ayudar a comprender el conocimiento base (contenido científico, conocimientos previos de los niños, conocimiento sobre estrategias de enseñanza y su evaluación) necesario para planificar actividades de aprendizaje. En general, en su trabajo, en las tutorías se abordaron aspectos sobre el desarrollo del conocimiento del currículo por parte del futuro maestro, la evaluación, la naturaleza de la ciencia, creencias sobre aprendizaje y enseñanza de las ciencias, los contenidos científicos y el conocimiento de los estudiantes.

Appleton advierte que tradicionalmente tanto en cursos de formación para maestros, como experiencia para futuros maestros se suele trabajar con grupos extremadamente grandes y, cuando el objetivo es desarrollar o aumentar las habilidades docentes esta estrategia no resulta nada efectiva, dado que cada maestro(a) o futuro maestro(a) tiene sus particulares conocimientos y creencias con las que es necesario trabajar. Lo que indica la necesidad de formar a los maestros con nuevos enfoques que les permitan desarrollar el conocimiento didáctico de los contenidos de primaria (Ball, Thames, y Phelps, 2008).

2.4 FUNDAMENTOS DE UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON EL MODELO DE APRENDIZAJE POR INDAGACIÓN.

Hasta este punto, se han señalado varias de las características que deberían ser desarrolladas en los maestros y maestras cuando se están formando en las universidades. La última que expondremos en este apartado, tiene que ver precisamente con conocer, dominar, y trabajar un tipo de estrategia de aprendizaje, que actualmente, y según se ha visto a lo largo de los capítulos, viene mostrando buenos resultados a la hora de alfabetizar científicamente a los y las estudiantes (Metz, 1995, 2004, 2008; Jiménez-Alexandre, 1998; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2012; Schwarz y Gwekwerere, 2007; Furió, et al., 2005, 2008, 2012; Schwarz et al., 2009a; Minner et al., 2010; de Pro Bueno, 2011, 2014; Nicolás-Castellano et al., en prensa); por tanto, debería ser conocida y trabajada con los futuros maestros y maestras con el fin de ayudarles a utilizarla

adecuadamente, y así, posibilitar el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas básicas en las niñas y niños.

Partimos de dos premisas, la primera, ya justificada en los apartados anteriores de éste capítulo, en donde se evidencia que se hace absolutamente necesario enseñar a los maestros a trabajar, directamente, por medio de la vivencia de experiencias basadas en la metodología a usar en las aulas (Furió y Gil, 1999; Guisasola y Pérez de Eulate, 1999; Smith, 2002; Appleton, 2003, 2013; Forbes, 2009, 2013; Forbes y Biggers, 2012; Rivero et al., 2013; Martínez-chico, 2013, 2015), más allá de exposiciones ofrecidas (por parte del profesor universitario) en cursos teóricos, tipo seminario, dada la poca eficiencia que proporcionan (Gil y Pessoa de Carvalho, 2000).

La segunda premisa, también trabajada a lo largo de los capítulos, es la necesidad de atender a una formación docente que realmente ayude al maestro a entender, trabajar y reorganizar el currículo de ciencias de primaria para darle sentido según las necesidades educativas actuales, como bien se resume en Jiménez-Alexandre (1998) “en el currículo hay modelos de los que se parte, objetivos o fines que se desean lograr -los ¿Para qué?- y pasos a dar para alcanzarlos -los ¿cómo? O ¿de qué modo?- y en función de estos fines se eligen contenidos y estrategias. Objetivos, contenidos y estrategias se encarnan en la realidad como diferentes proyectos y materiales curriculares”.

Nos preguntamos, si este trabajo no se realiza en las aulas de magisterio, ¿el maestro en formación no carecería de una competencia profesional importante para desarrollar su trabajo con eficiencia en el futuro? Dado que trabajar la indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias ha venido mostrando buenos resultados, ¿no debería formarse a los futuros maestros y maestras para que sepan implementarla?

Así pues, en los siguientes apartados, se mostrará qué se entiende por indagación como modelo de aprendizaje de las ciencias; qué características presenta dicho modelo, es decir, qué implica, qué necesidades o requisitos son ineludibles para que contribuya al desarrollo de las competencias de los niños(as) y no termine convirtiéndose en un tipo de activismo ingenuo donde se hacen actividades manipulativas tipo receta y explicaciones dadas por el profesor (Hodson, 1996; Zabala y Arnau, 2007; Viennot, 2011; Reinsvold y Cochran, 2012); y finalmente, cómo se pueden trabajar -con los futuros maestros de primaria-, los contenidos de ciencias basándose en dicho modelo metodológico.

2.4.1 Breve reseña histórica sobre el uso de la Indagación como modelo de aprendizaje

La formación en ciencias basada en la indagación o IBSE (*Inquiry-based Science Education*, por sus siglas en inglés) como perspectiva de aprendizaje, no es nuevo, fue descrito originalmente por John Dewey (1910), quien consideraba que se daba demasiado énfasis a los hechos y conceptos y poco énfasis al pensamiento científico y las habilidades necesarias para hacer y entender la ciencia. Ya en su tiempo, el profesor Dewey insistió en que los profesores utilizaran la indagación como una estrategia de enseñanza aprovechando el método científico: detectar situaciones desconcertantes; delimitar un problema; formular hipótesis; probar dichas hipótesis; revisarlas a través de pruebas y concluir a partir de los resultados.

En un artículo publicado posteriormente en (1916) recomendaba que los problemas a estudiar debían tener una relación directa con la experiencia de los estudiantes y estar dentro de su nivel intelectual y académico para, de esta forma, fomentar que los estudiantes se conviertan en aprendices activos en busca de sus propias respuestas. Por lo que consideraba al estudiante como un individuo participativo y al profesor como un guía y un facilitador del conocimiento. Posteriormente, entre los 60 y 80 se publicaron varios trabajos basados en dicha premisa, en los trabajos de Schwab (1966) el autor expresaba que la ciencia debería enseñarse de una forma consistente con la manera en la que opera la ciencia moderna, abogaba para que los profesores de su tiempo, emplearan el laboratorio para ayudar a los alumnos a entender los conceptos científicos.

También proponía que los estudiantes deberían leer informes o libros sobre investigaciones y tener discusiones sobre problemas relevantes, interpretación de datos, papel de la tecnología, conclusiones obtenidas por los científicos, lo que denominó "*enquiry into enquiry*" (Barrow, 2006). Después de estos trabajos, empezaron a publicarse otros trabajos relacionados con el término indagación, enfocados sobre todo en clarificar la diferencia entre indagación científica, indagación como proceso lógico para verificar el conocimiento, indagación como forma de aprendizaje e indagación como método de instrucción (Connelly, 1972, Connelly et al., 1977, citado por: Jiménez-Alexandre, 1998).

Los autores, ya en ese tiempo, explicaban que la indagación como forma de aprendizaje debía contemplar a un estudiante que resuelve problemas, formula hipótesis, construye aparatos y recoge datos lo que, en teoría, le permitiría desarrollar autonomía respecto al conocimiento científico; en cuanto a la indagación como método de instrucción son adeptos al método establecido por Schwab: preguntas(problemas) planteados por el profesor, que los estudiantes intentan resolver o proponer soluciones defendiendo sus

posturas. El papel del docente, bajo esta perspectiva, no es calificar las soluciones como buenas o malas, sino solicitar aclaraciones, pedir rigor en la argumentación, diferenciar entre opiniones y conclusiones, exigir pruebas, etc.

Incluso trabajos como los de de Bono (1972, citado por: Jiménez-Alexandre, 1998) ya planteaban el uso de la indagación con niños y niñas, el autor defendía trabajar los problemas como “maneras de superar obstáculos” de “abordar situaciones” o de “hacer que ocurra algo” por parte de los niños y niñas dado que les gusta pensar, y disfrutan usando la mente hay que diseñar tareas que les den la oportunidad de hacerlo. Otros trabajos se enfocaron en clarificar los procesos generales presentes en la indagación y habilidades científicas relacionadas con la indagación (Kyle Jr., 1980; Welch et al., 1981; Anderson et al., 1982).

Posteriormente, a partir de los 90 es cuando el número de publicaciones crece bastante hasta llegar incluso acuñarse una definición de indagación en los *National Science Education Standards* en USA (NRC, 1996), convirtiendo la indagación en la metodología de enseñanza deseable para impartir ciencias en las aulas hasta hoy en día (NRC, 2000, 2012; NGSS, 2013). Se menciona también, que para poder llevar a cabo una enseñanza de las ciencias pensada de esta manera se hace necesaria una serie de requisitos entre los que se incluyen: maestros(as) cualificados, tiempo suficiente en el aula, una amplia gama de materiales de aprendizaje, espacios de trabajo adecuados y los recursos de las comunidades que rodean las escuelas.

La responsabilidad de proporcionar este apoyo recae en todos los que participan en el sistema educativo y aclara que la implementación de los estándares requerirá grandes cambios en gran parte de la educación científica del país. En dichos estándares la indagación se define como: “Una actividad polifacética que implica hacer observaciones, plantear preguntas, examinar libros y otras fuentes de información para ver qué es lo ya conocido, planificar investigaciones, revisar lo conocido hoy en día a la luz de las pruebas experimentales, utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados. La indagación requiere la identificación de suposiciones, el uso del pensamiento crítico y lógico, y la consideración de explicaciones alternativas” (pp.23 NRC, 1996).

En estos estándares es interesante ver que al descansar sobre la premisa de que la ciencia es un proceso activo, aprender ciencia es algo que los estudiantes deben hacer, no algo que deben recibir (como productos terminados). Aunque vale la pena aclarar, que las actividades prácticas (*hands-on*), aunque esenciales, no son suficientes, ya que la finalidad de una actividad práctica ha de ser, entre otras, la de cuestionar la solución

tentativa (o hipótesis) propuesta para un problema. Los estudiantes también deben tener experiencias relacionadas con el desarrollo de habilidades de pensamiento (*minds-on*) (aprender a generar una hipótesis, plantear estrategias para resolver un problema, predecir, reflexionar y analizar a partir de unos resultados, argumentar, etc.).

Así mismo, como menciona Metz (2008) las observaciones y categorizaciones deben ser objetivos secundarios; mientras que la aumentar la curiosidad, desarrollar la capacidad de descubrimiento y explicación deberían ser los objetivos principales. Se hace así, un llamamiento a ir más allá de "la ciencia como proceso", en el cual los estudiantes aprenden habilidades como experimentar e inferir. Cuando se involucra a los estudiantes en la indagación, describen objetos y eventos, hacen preguntas, construyen explicaciones, prueban esas explicaciones en contra del conocimiento científico actual y comunican sus ideas a otros. Identifican sus suposiciones, utilizan el pensamiento crítico y lógico, y consideran explicaciones alternativas.

De esta manera, los estudiantes desarrollan activamente su comprensión sobre la ciencia combinando el conocimiento científico con habilidades de pensamiento y razonamiento. La importancia de la indagación no implica que todos los profesores deban perseguir un enfoque único para enseñar ciencia ya que, así como la investigación tiene muchas facetas diferentes, los maestros necesitan usar muchas estrategias diferentes para desarrollar el entendimiento y habilidades descritos en los Estándares. Tampoco se debe considerar que los mismos requieren un currículo específico (dentro de los estándares se concibe el currículo como la manera en que el contenido se organiza y se presenta en el aula, por tanto, puede tener vías distintas de abordaje). También se aclara en los estándares que la investigación científica se refiere a las diversas formas en que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo.

La indagación escolar, por su parte, se refiere a las actividades que realizan los y las estudiantes en las que desarrollan el conocimiento y comprensión de las ideas científicas, así como el entendimiento de cómo los científicos estudian el mundo natural. En trabajos como los de Jiménez-Aleixandre (1998) también se discute cual es la relación que hay entre indagación e investigación, la autora opina que una cosa es hablar de promover actividades y actitudes de investigación en el aula, y otra es, confundir la indagación que puedan realizar los estudiantes con la investigación científica (que puede contemplar metodologías muy creativas, complejas, uso de tecnologías específicas, o metodologías del todo repetitivas y rutinarias para producir conocimiento) y en las aulas las metodologías de trabajo pueden implicar la creatividad, pero sobre todo implican la simplicidad y adaptación a los recursos disponibles.

Por otra parte, la investigación pretende encontrar soluciones a problemas presentes en el mundo, por ejemplo, SIDA, Cáncer, nuevas fuentes de energía, etc. mientras que en la clase suele trabajarse con problemas de los cuales el docente conoce la solución. Por lo que la autora aclara que la perspectiva de indagación no trata de que los estudiantes hagan investigaciones, sino que adopten una cultura científica desde la perspectiva de proponer problemas abiertos y menos definidos (como se dan en situaciones reales), que permitan negociar significados (al admitir más de una solución) y construir conocimientos en interacción social.

En 2007, producto del informe Rocard, vuelve a tomar gran relevancia en Europa, la indagación como metodología de aprendizaje, ya que según este informe podría ser útil para mejorar la enseñanza de las ciencias, dado los preocupantes resultados mostrados en el mismo sobre las ciencias en Europa. Las afirmaciones allí mostradas se basaron en el análisis de los proyectos: *Pollen*³⁰ en primaria -basado a su vez en el proyecto *La main à la pâte*³¹- y el proyecto *SinusTransfer*³² para secundaria. El proyecto Pollen fue un programa piloto desarrollado en algunos países de la Unión Europea, y promovido por *European Commission Directorate-General for Research*, para incentivar el enfoque “*hands on, minds on*” y una Enseñanza de las Ciencias basada en la Indagación.

El principal objetivo de Pollen fue proporcionar una muestra empírica de cómo puede reformarse la enseñanza de las ciencias a escala local, en las escuelas, involucrando a toda la comunidad, para así demostrar a partes interesadas y autoridades educativas nacionales que esta propuesta podía ser eficaz y sostenible, y finalmente intentar conseguir un mayor alcance de la misma. Tuvo lugar desde 2006 a 2009, su director fue David Jasmin (Actual director de *La main à la pâte*) Doctor en Física y autor-editor de varios libros y publicaciones sobre educación en ciencias en primaria. En España este proyecto únicamente se consolidó en Girona bajo de la dirección de la profesora Lidia Ochoa de la Universitat de Girona, en colaboración con la Generalitat de Catalunya y PAU

30. Más información en: <http://www.pollen-europa.net/>

31. Es un programa francés para reformar la educación en ciencias, creado en 1996 por Yves Quéré (Físico e Ingeniero de Minas), Pierre Léna (Astrofísico) y Georges Charpak (Premio Nobel de física en 1992) es un proyecto de gran trascendencia a nivel mundial y también basado en la Enseñanza de las Ciencias por Indagación. Constituye en Francia uno de los principales centros de producción y actualización de recursos para la enseñanza de las ciencias en la educación primaria. Desde hace más de 10 años, se ha acumulado un considerable número de recursos. Cuenta con el apoyo de La Académie des Sciences, el Ministerio de Educación y en alianza con Institut National de Recherche Pédagogique y la École Normale Supérieure en París. *La main à la pâte* Más información en: <http://www.fondation-lamap.org/>

32. Este proyecto tiene como finalidad aumentar la eficacia en la Educación en Ciencias y matemáticas, al igual que ocurre en Francia con *La main à la pâte*, Sinus Transfer ha sido el mayor proyecto de Enseñanza de las Ciencias y Matemáticas basado en la Indagación que se ha llevado a cabo en Alemania. Se creó en 1998 a raíz de los bajos resultados de los estudiantes alemanes en las pruebas TIMS (1996/1997). Fue coordinado por el Instituto Leibniz para la Educación Científica (IPN) bajo la dirección del Pr. Dr. Manfred Prenzel. En cooperación con el Centro para la Promoción y Enseñanza de Matemáticas y Ciencias (ZMNU) de la Universidad de Bayreuth (Prof. Dr. Pedro Bautista) y el Instituto Estatal de Educación Escolar e Investigación Educativa en Múnich (ISB, Christoph Hammer). Más información en: <http://www.sinus-transfer.eu/>

Education. Desafortunadamente después de esos años, el proyecto no se continuó ni se trasladó a otras partes de España.

De hecho, en un amplio análisis de diferentes publicaciones realizado por Aguilera-Morales et al. (2018) se encuentra que en España las propuestas están más dirigidas a la etapa de secundaria y son puntuales debido a la acción concreta de un grupo pequeño de autores, pero no existen proyectos a nivel local, de comunidad o nacional.

2.4.2 Características de la Indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje

En los NRC (2000, 2012, 2013) se propone que existen distintas formas de organizar la enseñanza de acuerdo con un enfoque IBSE, podría decirse a groso modo, que una indagación muy estructurada y guiada por el profesor es aconsejable cuando el aprendizaje conceptual es muy relevante, mientras que otras indagaciones más abiertas son apropiadas para desarrollar la autonomía y promover habilidades de indagación (NRC, 2000). Independiente de la estructura elegida las actividades que deberían desarrollar los y las estudiantes (según cuales sean sus objetivos y la experiencia del alumnado) deberían centrarse en (NRC, 1996, 2001):

- Enfrentarse a problemas o cuestiones científicas relacionadas con fenómenos del mundo natural o tecnológico y cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas.
- Formular posibles explicaciones (hipótesis) personales justificadas a partir de su experiencia y conocimientos previos, desde los más intuitivos o superficiales a modelos más elaborados. Se trata de un momento especial, aunque no el único, para la expresión y discusión de concepciones alternativas en un contexto funcional y no como un elemento más del menú académico.
- Diseñar y llevar a cabo el procedimiento para someter a prueba sus posibles explicaciones, ya sean diseños experimentales apoyándose en las tecnologías más apropiadas, las matemáticas o búsqueda de información. Lo importante es que los estudiantes reconozcan que en ciencia las explicaciones han de apoyarse en pruebas y la aplicación de la lógica.
- Analizar e interpretar la información y los datos recogidos, evaluando los razonamientos iniciales, introduciendo cambios en los mismos y considerando explicaciones alternativas a las personales, pero más cercanas a las ideas científicas.

En Khan (2007) se habla de la formulación, construcción y reconstrucción de modelos explicativos.

- Permitir, durante todo el proceso, un clima de comunicación y diálogo, hablado y escrito, entre los estudiantes y entre éstos y el docente, para pensar y hablar sobre ciencia (registrar y comunicar procedimientos, razonamientos inquietudes, interpretaciones). Principalmente, ha de permitirse comunicar y defender un argumento científico ya sea de forma oral o escrita para así llegar a una conclusión.

Bajo estas grandes premisas, varios autores en diferentes países han mostrado en diferentes estudios, sobre todo en secundaria, posibles metodologías de actuación para trabajar el contenido científico en el aula, donde se esperaría que las secuencias didácticas diseñadas den a los estudiantes la oportunidad de trabajar de un modo que tiene similitudes con el utilizado por los científicos en la resolución de problemas, de familiarizarse con el trabajo científico y de adquirir una comprensión procedimental de la ciencia, al utilizar habilidades y procedimientos propios de la indagación científica en el marco escolar.

Algunos de los trabajos más representativos en España (Guisasola et al., 1999, 2008; Furió et al., 2005; Osuna et al., 2007; Furió y Furió-Gómez, 2009; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2005, 2012; Caamaño, 2011, 2012) revelan que la enseñanza de las ciencias basada en la indagación puede facilitar los cambios en los modelos de pensamiento iniciales de los alumnos y las alumnas, para acercarlos progresivamente a representar los objetos y fenómenos de la naturaleza mediante modelos teóricos más aceptados desde el punto de vista científico. En primaria, el trabajo realizado por Minner, et al. (2010) muestra un meta-análisis del impacto real del uso de la indagación sobre los resultados del estudiante.

En este trabajo se analizaron investigaciones desde 1984 hasta 2002 y se concluye que el uso de esta metodología favorece el pensamiento activo y la responsabilidad del estudiante por su propio aprendizaje, también permite aumentar la comprensión de los conceptos científicos en mayor grado que metodologías de enseñanza en las que el profesor sólo hace uso del libro de texto y su discurso para abordar los temas del currículo. Otros trabajos como los de Schwarz et al., 2007, 2009a van un paso más allá usando la indagación como método para que los estudiantes construyan y utilicen modelos sobre los conceptos científicos.

En estos estudios, alumnos de 5º y 6º de primaria profundizaron más en el conocimiento de los conceptos de evaporación y condensación al trabajar en mecanismos para construir

y utilizar modelos que permitieran entender dichos conceptos. La secuencia de aprendizaje comenzaba con un fenómeno de referencia (seleccionado o bien porque se observaba en la vida diaria o bien porque les pudiera interesar a los estudiantes) y una serie de preguntas clave acerca de dicho fenómeno. Las preguntas claves suscitaron una variedad de ideas o hipótesis en los alumnos acerca de los desafíos que podían ser investigadas por ellos mismos.

Después de una serie de actividades que involucraron a los alumnos en la construcción, revisión y evaluación de sus modelos y de construir un modelo general en consenso con toda la clase, que después fue usado para predecir o explicar fenómenos relacionados, así como también para evaluar las fortalezas y limitaciones del mismo. Algunos estudiantes llegaron incluso a construir un modelo abstracto sobre procesos o componentes no observables, como por ejemplo las partículas de agua no visibles. Otros, alcanzaron un tercer nivel de sofisticación en la modelización, recurriendo de forma explícita a los modelos anteriores para explicar nuevos fenómenos.

En los trabajos de Metz (2004; 2008; 2010) se usa la incertidumbre que puede generar un fenómeno y su capacidad para que los niños generen preguntas de interés en torno a él, luego, en sesiones de clase dedicadas al debate entre compañeros y guiadas para que los niños, creen métodos para responder a sus preguntas (planteen diseños experimentales). Lo que muestra como la indagación invita a los estudiantes a comparar sus intuiciones o ideas sobre un fenómeno con datos empíricos y que los niños adquieran más responsabilidad y compromiso con su propio aprendizaje.

Metz hace hincapié en que los estudiantes que "construyen activamente su propio conocimiento" aprenden mejor, y enfatiza en la importancia de identificar y resolver cuestiones a partir de la incertidumbre presente en los datos científicos. También los trabajos de Harlen (1997, 1999, 2015), Harlen y Qualter (2009) en primaria, revelan que la naturaleza de las interacciones que, realmente, promueven procesos cognitivos que favorecen el desarrollo de competencias científicas, incluye el animar a los niños y niñas a involucrarse en una serie de actividades como las siguientes:

- Observen, cuestionen y formulen hipótesis.
- Hablen sobre sus ideas y escuchen las ideas de los demás.
- Prueben las ideas discutidas.
- Saquen conclusiones basadas en la evidencia.
- Comparen las nuevas ideas con las existentes (desde el punto de vista científico).
- Comuniquen de diferentes formas sus ideas, sentimientos y razonamientos sobre lo trabajado (comuniquen sus conclusiones).

- Consideren cómo se podría mejorar el trabajo realizado.

Aunque autores como Barrow (2006) exponen que no existe un consenso absoluto sobre las fases que implica la metodología de enseñanza por indagación o la mejor manera de implementarla, algunas de las publicaciones más relevantes que caracterizan la misma (Harlen, 1997, 1999; Abd-El-Khalick et al., 2004; Metz, 2004, 2008, 2010; Bybee, 2006; Abell et al., 2006; Khan, 2007; Guisasola et al., 2008; Minner et al., 2010) mencionan las siguientes fases (no de estructura rígida) fundamentales que para nuestra investigación servirán de base, como características del modelo de indagación:

- 1) *Partir de un problema contextualizado del entorno del estudiante, o bien partir de una situación desconcertante y/o novedosa* (Dillon, 1990) que permitan a los estudiantes despertar su curiosidad y cuestionar la interpretación habitual (explicaciones de sentido común) de los fenómenos observados o trabajados (Driver et al., 1989).

Este punto, el primero y de gran relevancia, se basa en el hecho de que los científicos en sus investigaciones parten de un problema que es el eje de su trabajo, si en el ámbito escolar se espera que los niños y niñas adquieran competencias científicas, lo primero que han de saber hacer es aprender a formular o enfrentarse a problemas, preguntas o situaciones (que evidentemente deben estar ajustados a su edad, teniendo en cuenta sus conocimientos previos y sus intereses) que despierten su curiosidad. Al respecto, ya desde (1999) autores como Sternberg y Spear-Swerling planteaban la importancia de fomentar y usar las preguntas del alumnado como parte de su formación de pensamiento complejo.

En sus propias palabras afirmaban: “la capacidad de formular preguntas y de saber responderlas es una parte fundamental de la inteligencia, podría incluso considerarse como la más importante. Se trata de una aptitud que podemos fomentar o reprimir” por lo que una forma de aprender a aprender, es aprender a plantear y resolver preguntas. Trabajos como los de Hofstein et al. (2005) también aportan datos relevantes acerca de la importancia de fomentar en los estudiantes la realización de buenas preguntas relacionadas con observaciones y trabajos experimentales realizados ya que en la medida en que estas preguntas profundizan más respecto al por qué ocurre un fenómeno, y cómo se vería afectado si variamos un factor clave, su nivel de interés e indagar para obtener las posibles respuestas aumenta.

En esta misma línea de pensamiento, autoras como Márquez et al. (2004) expresan que si el profesorado realiza preguntas productivas en vez de preguntas reproductivas, favorecerá que el alumnado aprenda a elaborar este tipo de preguntas; así mismo, si

utiliza preguntas mediadoras en su dialogo con el alumno, permitirá la realización de mejores preguntas por parte de los estudiantes y así el desarrollo de su pensamiento complejo. Las autoras también proponen trabajar con preguntas más enfocadas en el cómo, más que en el por qué, dado que las primeras pueden favorecer el interés por conocer los procesos y factores que intervienen en los fenómenos y, las segundas, a veces, se enfocan demasiado en obtener respuestas finalistas de tipo teleológico.

Por su parte, Roca (2007) muestra que es preciso recordar que cada vez que un estudiante observa o trabaja en un fenómeno produce sus propias explicaciones que son coherentes desde su punto de vista, pero pueden ser incoherentes desde las teorías científicas (es decir, sus concepciones previas juegan un papel importante y pueden no estar basadas en conocimientos científicos). Los profesores luego, sobre el mismo fenómeno, dan explicaciones más complejas y coherentes desde el punto de vista de la ciencia actual, por lo que para conjugar, modificar o evolucionar esas ideas de los estudiantes, se deben usar estrategias de comunicación variadas -diálogos, debates, discusiones, resolución de problemas en grupos, etc.- (Candela, 1999) que deberían partir de *“buenas preguntas”*.

Las preguntas y la búsqueda de soluciones son básicas en el dialogo del aula, con ellas se puede percibir qué es lo que realmente piensan los estudiantes o sus opiniones. Cuando las preguntas son estructuradas basándose en la persona (preguntas de tipo: ¿Qué entiendes por...? ¿Qué piensas de...?) favorecen la participación y la ampliación del aprendizaje ya que se pueden responder con las propias ideas y no demandan contestar necesariamente con la idea correcta (Osborne y Freyberg, 1991). Ahora bien, en la elección del problema interviene, no sólo el contenido científico que quiera abordarse en el mismo, sino también el interés que pueda tener el estudiante por él, de ahí la importancia de siempre contextualizar dichos problemas, cuestiones o situaciones dentro del entorno del estudiante, sus conocimientos y sus intereses.

Dillon (1990) planteaba que los mecanismos que permiten a un estudiante sentir interés por resolver una cuestión no se activan en situaciones normales, en consecuencia, deben existir situaciones que promueven con mayor probabilidad las preguntas. En su trabajo acerca del proceso de generación de preguntas por parte de los estudiantes y el interés por resolver preguntas que les hacen, indica que las preguntas se comienzan a formar en un primer estado inicial de perplejidad que se produce cuando la persona intenta comprender una información (un fenómeno mostrado, por ejemplo) y encuentra en algún momento una parte que supone novedad, sorpresa o incongruencia con respecto a lo que se esperaba. Estas situaciones implican que el maestro(a) ha de conocer el conocimiento previo del estudiante.

Por otra parte, también interviene, el planteamiento mismo de la pregunta, cómo es formulada ante los estudiantes (en el caso de ser aportada por el profesor), ya que para que sea efectiva, ha de tener unas características clave (Roca, 2007) que facilitaran el interés, o no, del estudiante por resolver dicha pregunta. Entre las características más importantes a destacar se encuentran:

- Un grado de apertura coherente: las preguntas abiertas motivan al alumno a buscar información, reelaborar sus ideas y no suelen tener una respuesta única. Este tipo de preguntas, generalmente, promueven habilidades creativas a diferencia de las preguntas cerradas que solo buscan reproducir un concepto o dato ya sea desde un texto o a partir de la explicación del profesor.
- Plantear una demanda clara: debe existir coherencia entre la forma de la pregunta y el objetivo que se pretende. Si el objetivo es conocer que piensan los estudiantes con respecto a un tema, las preguntas de tipo: ¿Qué crees que pasa cuando...? ¿Qué opinas acerca de...? ¿Cómo piensas que ocurre...? etc., favorecen más la implicación de los estudiantes.

Si el objetivo es que explique, justifique, identifique, etc., se debe explicar con antelación qué significa cada una de estas peticiones y precisar qué debe hacer el estudiante, es decir, se debe precisar qué es lo que se espera y para ello es necesario, como mencionaba Jorba, Gómez y Prat (2000), una negociación de estas demandas. Según los autores, este proceso plantea una doble necesidad: por una parte, introducir actividades en el aula que ayuden a los alumnos a identificar las distintas demandas y a hacerlos competentes en su capacidad de respuesta; y por otra, como profesores, ser más precisos o reflexivos a la hora de redactar las preguntas.

- Necesidad de un contexto: es importante que toda pregunta tenga un contexto, ya sea histórico, cotidiano o científico que ayude al estudiante a interactuar con los componentes de la pregunta. Roca (2007) afirma que, si el estudiante no encuentra un contexto, generalmente sitúa la tarea en el contexto de aula. De este modo el estudiante implícitamente piensa que el interlocutor es el profesor y debe satisfacerlo, por tanto, se limita a reproducir lo que el profesor dice o copiar de un texto sin reflexionar o esforzarse en explicar e incluir la respuesta en su estructura de conocimiento.
- Dar indicios sobre la teoría o conceptos explicados: una pregunta debe dar indicios sobre la teoría, modelo y el nivel al que se pide la respuesta, puesto que muchas de las preguntas pueden tener niveles de respuesta diferente y es necesario que se

aclare a los estudiantes en qué nivel se quiere la respuesta, por ejemplo, se debe aclarar si lo que se piden son datos numéricos, datos históricos, conceptos, opiniones, etc.

En esta misma línea de trabajo, pero aplicado a investigación con niños y la forma en que ha de preguntárseles, Black y Harrison (2000) encuentran que las preguntas deben fomentar el pensamiento más que exigir una respuesta rápida que favorece la conjetura y concluyen que una manera eficaz de hacer preguntas a los niños supone: a) permitirles que traten la pregunta por parejas para luego pedirles una posible respuesta; b) proporcionarles varias posibles opciones para que las consideren, y luego pedirles una respuesta con su justificación; c) usar preguntas abiertas, formuladas para invitar a los alumnos a que exploren sus ideas y su razonamiento; d) una vez formulada una pregunta y si se desea obtener las hipótesis de los niños al respecto, es necesario solicitarles explícitamente que dibujen, redacten o expresen las mismas. Ya que puede que el niño proponga algo más que una hipótesis, haga predicciones, o por el contrario plantee conjeturas y es importante distinguir entre las mismas para así guiar al niño o niña en cómo buscar una posible respuesta (Hollins y Whitby, 2001).

Así pues, plantear problemas y situaciones que cuestionen el pensamiento espontáneo de los y las estudiantes es necesario, pero también es necesario aprender a plantear dichas preguntas o situaciones. Como señalaba Freire (2009) la base de la formación inicial del profesorado debería centrarse en aprender a plantear preguntas o problemas, de tal manera que el proceso de resolución se convierta en el objetivo más importante de la formación; debería prevalecer la idea de conocimiento, dinámico y provisional, por encima de la idea de respuesta como solución, que tiene un significado estático y cerrado.

2) *Generar un hilo conductor para guiar el aprendizaje.* Es decir, planificar adecuadamente la secuencia de aprendizaje para abordar el problema o situación elegida, esta secuencia debe responder a qué objetivos se persiguen para que con base en ellos se pueda saber qué estrategias de aprendizaje (independiente de si son experimentales o no) son necesarias y, en qué momento implementarlas.

En primera instancia aclarar qué entendemos por estrategias de aprendizaje, son todas aquellas actividades que el docente realiza en el aula, o fuera de ella, para que los estudiantes conozcan y trabajen con los contenidos curriculares y, de las cuales los profesores(as) obtienen información para evaluar el aprendizaje o dificultades de los estudiantes. Pueden ser actividades colectivas (como seminarios, debates, foros, proyectos, trabajos de documentación, salidas de campo, visitas a empresas, actividades prácticas experimentales, presentaciones orales –tipo exposición, informe, etc.-), o

individuales (como resolver ejercicios de lápiz y papel, problemas cerrados, trabajos escritos –tipo ensayo, informe, reporte, mapas conceptuales, etc.-, trabajos de documentación, diario del estudiante, etc.).

En Furió y Furió-Gómez (2009) se explica que el hecho de secuenciar adecuadamente la enseñanza, ya constituye en sí mismo una competencia que ha de adquirir un profesor(a) si desea enseñar bien, ya que implica diseñar su enseñanza imaginando lo que puede suceder en el proceso de aprendizaje de los y las estudiantes. Dicha preparación, que los autores denominan preactiva (antes de la acción en el aula, es decir, todo lo que implica la etapa de preparación), requiere de la elaboración de materiales didácticos que faciliten el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje que se ha pensado y que, a su vez, permita evaluar lo que el profesor(a) tenía pensado de acuerdo a los objetivos planteados (sean contenidos, procedimientos, habilidades más complejas como capacidad de argumentación, síntesis, etc.).

Igualmente, en Furió et al. (2007) se plantea que estas secuencias de aprendizaje también deben tener en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes, así como sus intereses y, posibles dificultades y obstáculos (razonamientos de sentido común como, por ejemplo, confusión entre evidencia e interpretación de la evidencia, inversión causa-efecto, fijación y reduccionismos funcionales, etc.). Así mismo se esperaría que el profesor(a) supiera realizar dicha secuencia de aprendizaje teniendo en cuenta las características del modelo de indagación y por tanto las estrategias de aprendizaje deberían estar encaminadas en analizar cualitativamente las situaciones problemáticas ambiguas hasta llegar a proponer un problema acotado y precisado (en caso de que el profesor parte de una situación amplia y no un problema definido).

También, permitir la emisión de hipótesis al problema o situación planteado, permitir elaborar estrategias de resolución del problema basándose en el cuerpo teórico conocido y/o diseñar experimentos que pongan en cuestión aquellas hipótesis, obtener y analizar los resultados experimentales obtenidos, sacar conclusiones, así como aplicar los conocimientos aprendidos para solucionar problemas cotidianos (relaciones CTSA). Por otra parte, una de las estrategias más ampliamente valorada, al tocar el tema de la indagación en la enseñanza de las ciencias, es el uso de las actividades prácticas, aunque como ya se ha planteado en este marco teórico, suele en ocasiones darse un uso inadecuado al mismo en las escuelas.

En Minner et al., (2010) se advierte que aunque las actividades prácticas son de gran relevancia, no tienen funcionalidad en sí mismas si no van acompañadas de una posterior reflexión y discusión, de ahí, la importancia de que los profesores(as) siempre contemplen

dichas actividades como una parte de todo el proceso de secuenciación, para posteriormente permitir a los estudiantes realizar otro tipo de actividades que les permitan llegar a la conclusión, síntesis, argumentación final (Hodson, 2008; Chapin et al. 2009; Jiménez-Aleixandre et al., 2009) y la necesaria reflexión metacognitiva del aprendizaje (Jorba y Casellas, 1997). La cuestión del uso de las actividades prácticas ha sido ampliamente estudiada desde los años 80 por gran cantidad de investigadores en didáctica de las ciencias que intentan caracterizar su uso adecuado en la enseñanza de las ciencias (Lazarowitz y Tamir, 1994; Hodson, 1994, 1996, 2005).

Una de las conclusiones más importantes a las que llegan estos estudios, se centra en, siempre clarificar, el objetivo que persigue el profesor(a) al realizar las prácticas con los estudiantes, ya que es la manera de garantizar que tienen sentido o no. Los profesores(as) han de aprender a utilizar dichas actividades de acuerdo a lo que desean que el estudiante aproveche de las mismas y no tanto por el hecho de parecer divertidas o interesantes, dado que al utilizarse de esta manera la actividad no pasa de ser un momento interesante que el estudiante hace o ve, pero del cual no ha obtenido ningún aprendizaje.

Como se aclara en varios estudios (Hodson, 1994, 1996, 2005; de Jong, 1998; Verdú et al., 2002) si el objetivo de la actividad práctica es que el estudiante a partir de un problema intente realizar un control y manipulación de variables, cuestione hipótesis, o que se favorezca todo un proceso de reflexión y análisis en torno a la resolución de dicho problema, las actividades que implican experimentación son adecuadas. Señalan también la necesidad de transformar el enfoque transmisivo que subyace en los trabajos prácticos ya que, desde este enfoque, son realizados a modo de receta con información que confirma o ilustra lo que ya mencionó el profesor y/o que se enuncia en el libro de texto.

Estos autores manifiestan que este tipo de prácticas no favorecen el aprendizaje de las ciencias y ha de tenerse mucho cuidado con ellas, ya que dichas prácticas pueden influir negativamente en las concepciones de los estudiantes de acerca del trabajo de laboratorio. Sus resultados indican que, al ser la participación de los estudiantes pasiva y caracterizada por un bajo nivel de desarrollo de habilidades de resolución de problemas, la mayoría de estudiantes creen que el conocimiento científico se deriva de los hechos de la experiencia adquiridos por observación.

Otros autores, como Izquierdo et al. (1999) mencionan que las actividades prácticas escolares son poco eficaces porque se diseñan teniendo como referencia lo que supuestamente hacen los científicos, cuando en realidad deberían ser diseñadas para aprender habilidades científicas generales. Los profesores pretenden que por analogía se

haga ciencia en la escuela, pero sin una fundamentación bien elaborada. De hecho, estas autoras recuerdan en su artículo que las metas en la actividad científica son diferentes a las metas de la actividad escolar, los protagonistas de cada uno de estos contextos son diferentes y, por tanto, no se puede actuar en la escuela como si los intereses y las formas de proceder de los alumnos y de los científicos fueran los mismos.

Al igual que estas autoras, los trabajos de Chinn y Malhotra (2002), al realizar estudios comparativos entre la epistemología y procesos cognitivos presentes en investigaciones auténticas e indagación en la escuela, muestran que las tareas de investigación en la escuela involucran procesos de razonamiento cualitativamente diferentes de los procesos empleados en la investigación real y que las tareas de investigación en la escuela están basadas en una epistemología diferente a la epistemología en la que se basa la investigación científica real, por tanto sería conveniente otra forma de enmarcar las tareas prácticas escolares en ciencias si en realidad se desea que sean efectivas. También en los resultados obtenidos por Chinn y Malhotra se resalta que:

- Los trabajos prácticos en la escuela suelen ser de tres tipos: experimentos simples, simple observación e ilustración simple. En el primero, se evalúa una sola variable de algún fenómeno dado; en el segundo se observa y describe un fenómeno o característica de un objeto; en el tercero se sigue un procedimiento específico con el fin de demostrar un principio teórico. Todas ellas, se obtienen a partir de los libros de textos, libros de experimentos o de algún software de ciencias.
- En la mayoría de los casos estos “modelos de experimentación” sólo permiten mostrar relaciones de causalidad entre objetos y más bien pocos modelos de contrastación. Es decir, no conducen a otros experimentos, ni a procesamiento de datos o procesos experimentales diferentes. En consecuencia, no se pueden poner en cuestión los datos, ni analizar los errores metodológicos, ni discutir colectivamente para reformular el experimento.
- Los razonamientos a los que conducen este tipo de trabajos prácticos son algorítmicos, lejos de un razonamiento científico auténtico.
- Los trabajos prácticos en el ámbito escolar se basan solamente en regularidades observables. Es decir, no se promueve la generación de mecanismos de construcción teórica.
- No se muestran las ciencias como complejas y dinámicas, sí como acabadas. Sin embargo, en el desarrollo del conocimiento científico, a veces, las teorías son

contradictorias con los datos obtenidos, no hay un camino seguro que garantice que las inferencias inductivas o analógicas son correctas, y los métodos y procesos pueden tener diversos caminos que conducen a diferentes resultados.

- En el contexto educativo no se pone en evidencia la complejidad de la toma de decisiones en la resolución de problemas generada durante una investigación.
- Pocas o nulas veces se propone al estudiantado verdaderas tareas de indagación donde se controlen variables, teniendo en cuenta que la forma de medirlas depende del objetivo que se busca.

Todos estos aspectos mencionados es necesario tenerlos en cuenta, al momento de plantear las actividades de la secuencia de aprendizaje, pero también es importante recordar que sus objetivos y planificación no deben ser demasiado ambiciosos ya que pueden saturar al estudiante y no obtener al final ni resultados favorables, ni desarrollar habilidades científicas (Petrucci et al., 2008; Tsaparlis, 2009). En entrevistas realizadas a profesores, Petrucci et al. (2008) evidencian que los docentes son conscientes de que, en ocasiones, las actividades prácticas que plantean a sus estudiantes son sumamente complejas por la cantidad, diversidad y complejidad de tareas que deben llevar a cabo y porque se plantean simultáneamente objetivos muy diferentes entre sí.

Lo que en ocasiones supone que la realización de actividades experimentales, es para los estudiantes un espacio de incertidumbre, con más variables de las que pueden manejar, en el que deben tomar decisiones y desarrollar estrategias que superan su capacidad, dada la falta de experiencia e instrucción en esas tareas. Del mismo modo, trabajos como los de Goldsworthy (1998) muestran que los niños y niñas poco experimentados en interpretación de datos pueden llegar a conclusiones precipitadas basándose en un solo resultado, pasando por alto otra información contradictoria, o no encuentran patrones o relación entre dos variables tan fácilmente como se espera; por lo que el maestro ha de ser paciente y ayudar a los niños(as) (por medio de preguntas, pistas, centrar la observación en un punto específico, etc.) durante el proceso para que poco a poco avancen y puedan desarrollar un sentido más perspicaz de los datos clave.

También es probable que se desarrolle un vocabulario científico a través de las actividades, ya que los niños(as) aprenden nuevas palabras y sus significados a la hora de experimentar nuevos conceptos y nuevas exigencias semánticas (p.ej. la evaporación, la reflexión, las fuerzas); sin embargo, a veces, utilizan estas palabras inicialmente sin comprender del todo su significado, así que es importante que el maestro(a) averigüe lo que entiende el niño al usar una palabra concreta. Todo lo anterior, indica que, al momento de elegir determinadas actividades, sean prácticas o no, el docente ha de tener claridad

de por qué usa las mismas, ha de razonar en torno a las mismas antes de implementarlas. Por lo que en la formación inicial del maestro(a), también se hace necesario trabajar con ellos sobre las estrategias de enseñanza que eligen según los objetivos de aprendizaje que pretenden lograr.

Dichos objetivos deberán estar supeditados a las exigencias e intereses muy particulares del proceso formativo de los alumnos y sobre todo al nivel de enseñanza correspondiente, muy relacionada con aspectos psicológicos y cognitivos de los estudiantes y el contexto socio-cultural de las escuelas. Es frecuente que los docentes repitan en las actividades prácticas (sin ser conscientes de ello) algunos “rituales” asimilados durante los diferentes niveles educativos cuando fueron alumnos. Como ya se ha mencionado, la tarea docente se ve influenciada muchas veces por algunas rutinas interiorizadas de manera acrítica, de las que seguramente no tienen conciencia o tienen conciencia de ello, pero les es difícil cambiar, ya sea por las condiciones de trabajo o por falta de enseñanza en estos aspectos, cuestión que debería tenerse en cuenta en su formación inicial (Porlán, 1994; Adúriz-Bravo, 2001; Mellado, 2003).

3) *Crear espacios para que los estudiantes puedan participar activamente y comprometerse con su propio aprendizaje.* En dichos espacios/momentos, los estudiantes deberían poder formular hipótesis tentativas sobre el problema o situación a tratar, manipular objetos, materiales, técnicas, herramientas etc. que les permita trabajar con la evidencia, contrastar las hipótesis y reunir datos.

En concordancia con las consideraciones anteriores, está claro que al trabajar con el modelo de indagación es importante generar espacios y momentos que permitan la reflexión, análisis y discusión de las situaciones planteadas, estos momentos son de gran relevancia debido a que son los momentos en los que el estudiante puede activar sus habilidades de pensamiento para llegar a formular una hipótesis, realizar análisis a partir de unos datos obtenidos y unas conclusiones, así como también expresar sus dudas y opiniones respecto al trabajo realizado.

Hodson (1996, 2005) explica que una experiencia de aprendizaje pensada para facilitar el desarrollo conceptual necesitará ser diseñada de forma muy diferente a una cuyo propósito sea ayudar a los estudiantes a comprender aspectos metodológicos de la ciencia, u otra pensada para generar interés por la misma, o aportar información sobre la historia de un concepto, artefacto o proceso, o trabajar sobre el desarrollo o impacto social de una idea, proceso o artefacto.

En conclusión, -y nosotros en este trabajo de investigación consideramos adecuado este enfoque-, Hodson propone que se debe considerar que la enseñanza de la ciencia consta de tres aspectos principales, cada uno dirigido a un objetivo diferente pero relacionados entre sí y, por tanto, los objetivos, diseño y aplicación de actividades (sean experimentales o no) deben tener estos aspectos en consideración, y son:

- *El aprendizaje de la ciencia*, para adquirir y desarrollar conocimientos teóricos y conceptuales. Lo que implicaría procurar actividades para que los y las estudiantes exploren la capacidad que tienen en un momento concreto de comprender y evaluar la firmeza de sus modelos conceptuales, o también ofrecer estímulos adecuados para que desarrollen los mismos y, con suerte, modifiquen sus ideas alternativas; actividades para apoyar los intentos de los estudiantes de volver a pensar y reelaborar sus ideas y realizar procesos de autorregulación.
 - *El aprendizaje sobre la ciencia*, para desarrollar un entendimiento de la naturaleza y métodos de la ciencia actual. Lo que implica actividades relacionadas con entender y ser conscientes de las interacciones complejas entre ciencia y sociedad; también implica el uso de actividades que poco a poco permitan salirse de visiones empiro-inductivistas o los estrictos puntos de vista popperianos acerca de la naturaleza de la ciencia.
 - *Hacer, o más bien, practicar ciencia*, para desarrollar habilidades científicas y de resolución de problemas. Lo que implica que la intención de las actividades prácticas no debe ser aprender algorítmicamente los métodos de la ciencia y utilizar técnicas de laboratorio determinadas, sino emplear los métodos y procedimientos científicos para indagar sobre un fenómeno, o resolver un problema, obviamente en un nivel adecuado para cada grupo de estudiantes.
- 4) *Trabajar colaborativamente (por ejemplo, en pequeños equipos) y discutir, dialogar o debatir con base en argumentos* para así formular descripciones, explicaciones y conclusiones a partir de la evidencia y el análisis de los fenómenos (Michaels y O'connor, 2012; Chapin, et al., 2009).

También relacionado con los puntos anteriores, se evidencia que las construcciones finales (sean conclusiones, descripciones, explicaciones, artefactos, etc.) no es necesario que se realicen individualmente. El trabajo colaborativo y colectivo es una característica de la investigación científica real, dado que es necesaria para construir conocimiento y para tender puentes de comunicación efectivos entre comunidades de diferentes países. Lo que implica que es necesario aprender a trabajar de dicho modo en la escuela. El

trabajo en equipo como línea de investigación en didáctica, viene trabajándose desde hace tiempo, no sólo en áreas como ciencias, sino en todas las áreas de conocimiento.

Dicho tipo de trabajo en el aula permite conocer y desarrollar toda una serie de habilidades clave sobre la educación para la convivencia y la educación en valores (que también hace parte de las competencias a desarrollar en los niños y niñas). Marina y Bernabeu (2007) señalan que la empatía, la capacidad para trabajar en equipo, resolver conflictos o problemas, la solidaridad, tolerancia y el respeto por los demás son algunas de las competencias sociales y en valores que se generan a través del trabajo colaborativo.

Ausubel et al. (1976) ya planteaba que “la discusión es el método más eficaz y realmente el único factible de promover el desenvolvimiento intelectual con respecto a los aspectos menos bien establecidos y más controvertidos de la materia de estudio”. El aprendizaje exige confrontación, discusión detenida de las distintas alternativas y a menos que sólo se pretenda hacer repetir a los alumnos tareas ya mostradas (resueltas) por el profesor o el libro de texto, el trabajo en equipo aparece como indispensable (el único factible) según Ausubel. La enseñanza de las ciencias, en la medida en que supone -como la misma investigación- una exploración activa de alternativas, se ve favorecida por la formación de pequeños grupos.

Gil (1983) exponía que es preciso insistir en que el trabajo en grupos conlleva un papel orientador sobre cada alumno, y que es un aspecto esencial, coherente con la naturaleza social, colectiva y orientada del trabajo científico. Por lo que el profesor juega un papel relevante en esta labor orientadora, sin que ello suponga alejar a los alumnos de lo que es el trabajo científico (el cual se da a través de la existencia de equipos de investigadores con líneas de trabajo definidas y expertos que impulsan y controlan la labor de quienes se inician, etc.). Gil también explica que, de acuerdo con ello, la guía del profesor está presente en la programación misma de las actividades a proponer a los grupos de alumnos; unas actividades que permitan rehacer, de forma coherente la metodología científica y eviten, tanto una adquisición dispersa como la realización de tareas de la que los alumnos no vean claramente el hilo conductor, lo que las convertiría en recetas sin significado.

Otros autores como Candela (1991; 1999), al trabajar en enseñanza de las ciencias con niños de primaria, encuentra que para desarrollar habilidades científicas en los niños y niñas como la argumentación, es necesario que el maestro propicie los comentarios entre los propios niños, que dé tiempo para que ellos discutan sus diferencias y que compartan sus conocimientos y sus ideas sobre los fenómenos naturales. La autora explica que, según sus investigaciones, los niños aprenden mucho de lo que otros niños saben y de lo

que no saben, de sus argumentos y de sus errores, porque las ideas de otro niño(a) están cerca de lo que ellos mismos pueden razonar y comprender.

Así, cuando realizan actividades prácticas, por ejemplo, y se permite que los niños(as) comparen lo que se imaginan que va a ocurrir en una situación con lo que ellos pueden percibir, para posteriormente confrontar sus explicaciones con las explicaciones de otros alumnos, se crea un ambiente en el que se expresan sus ideas y se ponen en común tanto errores, como dudas y aciertos (no se pretende que en todos los casos lleguen a los conceptos como los entiende la ciencia, sino simplemente que evolucione su forma de ver las cosas y de explicarse cómo y por qué ocurren), lo que autora califica de un proceso real de aprendizaje.

En algunas actividades pueden surgir muchas explicaciones diferentes dependiendo de lo que piensa, lo que le interesa y lo que puede interpretar cada niño o niña. La respuesta a un problema no es única y, por tanto, se hace necesario que los niños y niñas puedan discutir la diferencia entre sus respuestas para enriquecer las conclusiones de cada uno y para darse cuenta en qué están de acuerdo y en qué piensan distinto. Con esta discusión también aprenden a argumentar, a darle coherencia lógica y a ampliar sus ideas.

Candela (1991) muestra que el maestro puede ayudar, por medio de preguntas y de actividades, a que todos los niños expresen sus ideas y comenten sobre lo que piensan ellos y sus compañeros; así mismo debe propiciar la confrontación de puntos de vista distintos entre los niños y tratar de que lleguen a sus propias conclusiones, así como que analicen y expliquen aquellos sucesos y fenómenos que llaman su atención. También explica que es importante incorporar a la dinámica de la clase, todo lo que los niños saben, ya sea que lo hayan aprendido en la escuela o fuera de ella. Sus dudas y sus intereses también forman parte de la clase, así como el proceso que siguen para construir nuevas explicaciones.

Lo que un alumno es capaz de aprender, en un momento dado, depende de características individuales (como su nivel de desarrollo, sus conocimientos previos, sus aptitudes intelectuales, su interés), pero también del contexto de las relaciones que se establecen en esa situación en torno al conocimiento y, sobre todo, del tipo de ayuda que se le proporcione. Al seguir el proceso de reflexión de los niños en su aprendizaje, el maestro puede darse cuenta de cuándo es necesario hacer una pregunta, introducir una duda, confrontar dos explicaciones distintas de los niños sobre un mismo problema, hacer un comentario o dar una información para que los niños avancen en sus explicaciones y reflexionen sobre lo que piensan. En esas situaciones puede aportar la información que se requiera o ayudar a que los niños la busquen.

En esta misma línea de argumentación, en trabajos como los de Sanmartí (2007) se afirma que en la génesis del conocimiento científico es muy importante la manera cómo se llega a elaborar explicaciones de los fenómenos observados y de las regularidades identificadas, así como la evaluación de la calidad de cada explicación. Por ello, el lenguaje tiene una doble función: como instrumento que da sentido a los hechos y como medio para contrastar diferentes explicaciones y consensuar la que se considera más idónea en función de los saberes propios del momento histórico en el que se discute. Lo que permite comprender cómo los participantes usan la comunicación para intentar construir conocimientos.

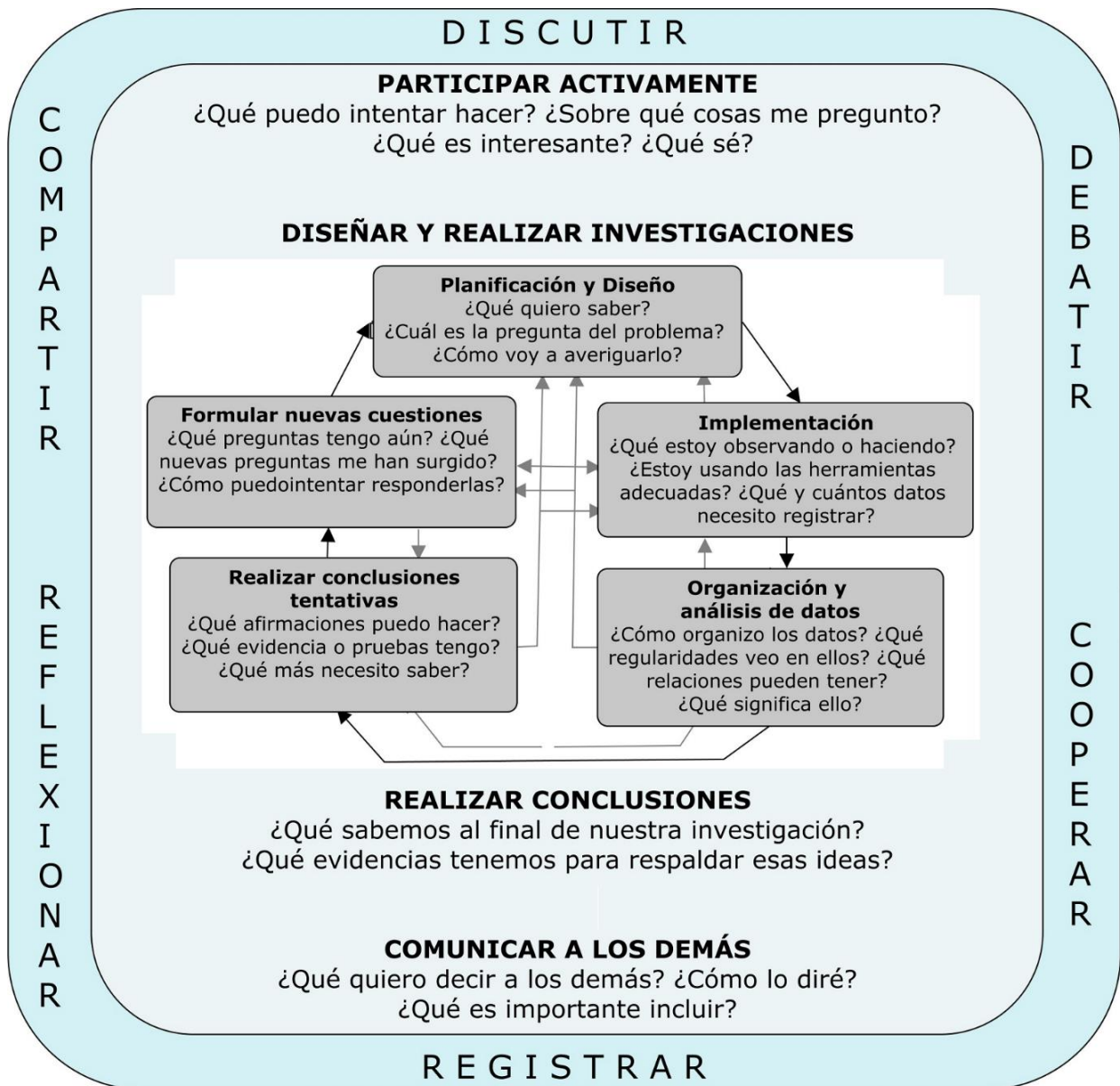
La autora en su trabajo respalda la idea de hablar de ciencia y usar la ciencia más allá de reproducir unos saberes y, más bien, utilizar los saberes para comprender, analizar, valorar y actuar en situaciones diversas, lo que podría garantizar que poco a poco los estudiantes articulen las ideas científicas con su contexto.

A modo de síntesis, y con el objetivo de mostrar el carácter heurístico que el modelo de indagación implica, se presenta la figura 4. Dicho esquema representa todas las características del modelo de indagación mencionadas en este apartado, nos ha parecido adecuado dado que está adaptado para trabajar con las niñas y niños de Educación Primaria, es el esquema seguido en el Proyecto Pollen, trabajo que involucró varios países de la Unión Europea con el objetivo de mejorar la enseñanza de las Ciencias en Educación Primaria.

2.4.3 Qué dicen las investigaciones actuales sobre la formación inicial del maestro que ha de enseñar Ciencias.

En España, Martínez-Chico (2013), Martínez-Chico et al. (2014b; 2015) señala que la formación inicial de docentes debería apostar por un enfoque de enseñanza explícito, que implique activamente a los futuros docentes en procesos de aprendizaje con enfoques de enseñanza alternativos, como la indagación, para que así, interactúen con sus formadores como aprendices, en lugar de como recolectores de información. En sus trabajos plantean que en muchas ocasiones a los futuros maestros se les presenta dicho enfoque de aprendizaje como la realización de simples actividades prácticas (estilo *hands-on*) y no como un modelo de enseñanza complejo, que va más allá de la simple selección de actividades prácticas interesantes.

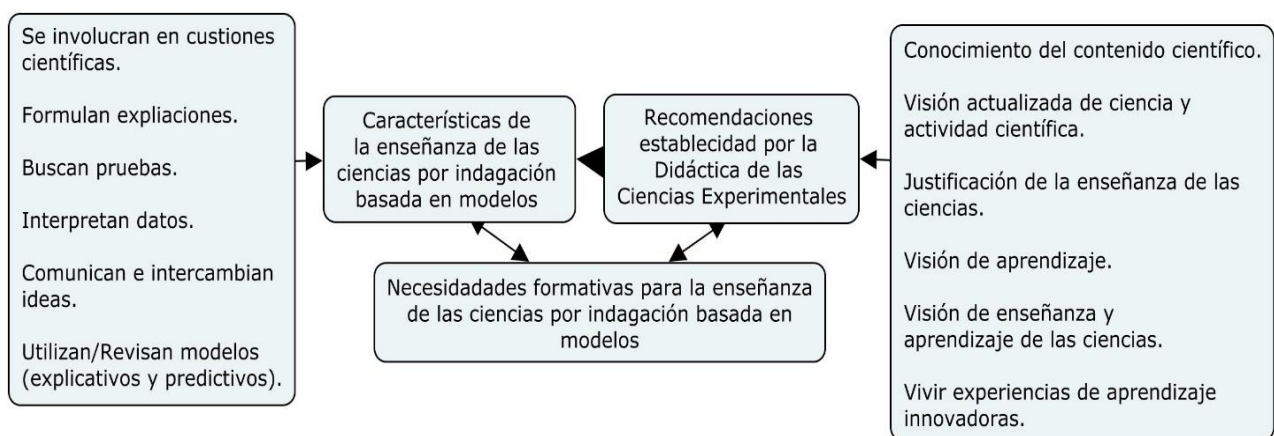
Figura 4: Características de la Indagación en Enseñanza de las Ciencias para la Educación Primaria. Tomado del proyecto Pollen (Worth, Duque y Saltiel, 2009, pág. 10).



En Schwarz (2009b), Windschitl y Thompson (2006) también se aprecia la importancia de la formación del profesorado de primaria en el conocimiento a fondo y previo trabajo con este tipo de metodología para que puedan implementarlas en el aula posteriormente con efectividad y se logran superar muchas de las concepciones erradas sobre enseñanza de las ciencias, que evidentemente tenemos todos profesores. Al igual que estos autores, nosotros también compartimos la idea de que el maestro en formación para poder trabajar con un modelo de enseñanza como el de indagación, necesariamente ha de sumergirse en el mismo, vivirlo y reflexionar en torno a sus características, fases, requerimientos, etc. para llegar realmente a poder implementarlo en el aula.

En Martínez-Chico (2013), Martínez-Chico et al. (2014b; 2015) se expone una visión global de las características o *exigencias* (según argumentan los autores) que debería reunir un programa de formación inicial de maestros para aprender ciencias por medio de la indagación basada en modelos. Estas exigencias para la formación inicial de maestros sirven de base tanto en el diseño de una propuesta formativa, como para la evaluación de la misma, al comprobar si tales *exigencias* han sido realmente plasmadas en la operativización de una propuesta en un programa de actividades, evidenciando así si es o no posible diseñar un programa con esas características. En la figura 5 se pueden apreciar dichas exigencias.

Figura 5: Exigencias para un modelo de formación del maestro, basado en la indagación. Tomado de Martínez-Chico et al. (2014b) pp. 161.



Los autores explican, según el esquema, que desarrollar la competencia de los futuros maestros para llevar a cabo un aprendizaje de las ciencias por indagación requiere, a lo largo de su formación inicial:

- *Questionar la justificación de la enseñanza de las ciencias.* Lo que implicaría justificar la enseñanza de las ciencias basándose en el valor cultural del desarrollo del pensamiento y trabajo científico, más que por su valor tradicional, normativo o la preparación para estudios futuros.
- *Questionar las visiones de deformadas ciencia y trabajo científico.* Como se mencionaba en apartados anteriores, las concepciones apromblemáticas, empiro-inductivistas e individualistas del trabajo científico se hace necesario modificarlas por concepciones en las que la resolución de problemas, la discusión en grupos y las conclusiones basadas en pruebas sean las protagonistas.
- *Questionar el reduccionismo conceptual del contenido a enseñar.* Promoviendo un cambio hacia concepciones más amplias del contenido que contextualizan el conocimiento científico y lo hacen menos abstracto. Es decir, teniendo en cuenta no

sólo el contexto más próximo de los niños(as) sino también el contenido procedimental y actitudinal. Promoviendo un cambio hacia concepciones más amplias del contenido que contextualizan el conocimiento y lo hacen menos abstracto.

- *Cuestionar las concepciones ingenuas sobre aprendizaje.* Es decir, superar las visiones de aprendizaje por repetición y memorización de contenidos ya elaborados, y promover un cambio hacia visiones de una enseñanza más constructivista.
- *Cuestionar la visión simplista del dominio del contenido.* Como se ha discutido en apartados anteriores, no es suficiente con saber un concepto o una ley desde el punto de vista científico. Es absolutamente necesario saber cómo enseñar ese concepto o esa ley para que termine siendo conocimiento útil para los alumnos y alumnas.
- *Vivir experiencias concretas de aprendizaje de contenido científico basadas en la indagación.* Lo que implica hacer partícipe al futuro maestro de cómo se planifica, diseña, prueba y evalúa una secuencia de aprendizaje desde este enfoque de enseñanza.
- *Elaborar criterios racionales para analizar experiencias y materiales de enseñanza.* Lo que permitiría al futuro maestro(a) regular su propio aprendizaje en pro de su formación profesional. Al analizar a conciencia una metodología de enseñanza y sus requisitos (tiempo, actividades, materiales, etc.), se facilitaría en el futuro que pudiera diseñar, evaluar y/o modificar materiales y secuencias de aprendizaje más asertivamente.

Con estos parámetros de actuación, Martínez-Chico (2013), Martínez-Chico et al. (2014b; 2015) plantean un programa de aprendizaje para los maestros(as) en formación que se basa en la reflexión explícita de los 6 primeros puntos mencionados anteriormente y en la vivencia de una experiencia de aprendizaje basada en la indagación respecto al modelo Sol-Tierra (que implica las dos últimas exigencias). Durante la etapa de dicha vivencia, los autores encontraron que los futuros maestros(as) al experimentar en primera persona el modelo, se hacen más reflexivos en torno al mismo, sobre todo en cuanto a las características del modelo de aprendizaje, el tipo de actividades que requiere y la forma de trabajar con él. Así mismo, lograron cuestionar su propio conocimiento sobre el contenido y sobre el dominio que tienen del mismo.

En otros países, otro trabajo con maestros(as) en formación y su enseñanza por medio de la indagación basada en modelos, es el realizado por Schwarz (2009b) en el que se muestra un programa de formación de maestros(as) enfocado en la progresión del

aprendizaje de los futuros maestros teniendo en cuenta aspectos críticos del aprendizaje que podrían influir en el desarrollo de la competencia docente y, por tanto, orientar mejor los aspectos a tener en cuenta en un programa de formación del maestro y los materiales del currículo necesarios. Según el autor, esta progresión del aprendizaje se basa en primera instancia en conocer y hacer explícito en los estudiantes (de magisterio) la comprensión que tienen de la naturaleza y el propósito de la ciencia, su comprensión del aprendizaje del estudiante, sus opiniones sobre una enseñanza eficaz de la ciencia.

En segunda instancia se trabaja con el futuro maestro (a) en torno a la secuenciación de las lecciones mediante la indagación, el establecimiento de espacios de comunicación en el aula y el trabajo con las ideas de los estudiantes. El modelo de formación mostrado en el artículo se basa en trabajos previos como los de Davis et al. (2008), Schwarz y Gwekwerere (2007), Schwarz et al. (2008), van Driel et al. (2002) y Windschitl et al. (2008) en donde también se menciona que la progresión del aprendizaje de los maestros en formación se basa en trabajar con ellos sobre los siguientes elementos críticos:

- 1) Conocimiento y visiones del profesor (influenciadas tanto por pasadas como actuales experiencias de su contexto) respecto de la ciencia, el propósito y/o objetivo de la enseñanza de las ciencias, conocimiento de los estudiantes y, finalmente, visiones sobre una enseñanza efectiva de la ciencia y qué papel juega el maestro(a) para lograr la misma. Respecto a este último aspecto (conocimiento y visiones sobre una enseñanza de las ciencias efectiva), resulta también interesante destacar el modelo de aprendizaje por indagación, en términos de conocer qué entiende el maestro(a) en formación por indagación, qué requerimientos considera necesarios para el uso del mismo, cómo cree que se debe implementar en las aulas.
- 2) Conocimiento sobre prácticas instructivas del maestro (es decir ciclos de enseñanza que incluyen programación, enseñanza, evaluación y reflexión). La programación, entendida como la secuenciación de contenidos en torno a grandes ideas incluyendo aquellas que permiten que los patrones en los fenómenos sean accesibles en el aula antes de que se introduzca una explicación. La enseñanza (a los niños y niñas), entendida como una dinámica de aula en la que se trabaja con las ideas de los niños(as) y se crea un ambiente de aula en el que se promueve compartir ideas, expresar dudas y explicaciones basándose en el uso de pruebas. Evaluación, entendida como una dinámica de monitoreo de las ideas y prácticas evolutivas de los niños(as) y también como reflexión de los puntos anteriores.
- 3) Conocimiento del contexto, comunidad y herramientas. Como pueden ser: objetivos de aprendizaje, materiales curriculares, normas y cultura de la escuela, etc.

2.5 UNA PROPUESTA DE FORMACIÓN PARA LOS FUTUROS MAESTROS PARA FOMENTAR LA INDAGACIÓN COMO MODELO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

En los siguientes subapartados trataremos de fundamentar la propuesta concreta de enseñanza universitaria en Didáctica de las Ciencias Experimentales que se van a utilizar en esta investigación, puesto que como muestra en Martínez-Chico et al. (2014b, 2015), en las Facultades españolas hay mucha diversidad.

2.5.1 Qué dimensiones consideramos que no pueden estar ausentes en la formación de maestros y maestras que han de enseñar ciencias en Educación Primaria.

Visto el estado del arte presentado, nuestra estrategia de formación se centra en entender que, para lograr una formación del maestro(a) de calidad, es imprescindible trabajar en las facultades de magisterio (como parte del programa de las asignaturas de didáctica de las ciencias), en torno a 4 dimensiones clave. La propuesta de estas dimensiones se basa en estudios como los de Shulman (1986, 1987, 1989), Grossman (1989, 1990), Abell (2007), Martínez-Chico et. al, (2014a, 2014b, 2015) donde se muestra que permitir espacios donde se trabajen estos grandes campos en la formación del docente (independientemente de que se haga referencias a docentes de primaria o secundaria) son lo que permiten al mismo desarrollar un cuerpo de conocimientos especial –según Shulman (1986, 1987) denominado Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC)- que representa la integración de:

- Conocimiento de la disciplina, que incluye el conocimiento e ideas espontáneas respecto a la *Naturaleza de la Ciencia* (NdC) y el contenido científico -estipulado en el Currículo de Educación Primaria- (Tobin et al., 1994, 1997; Furió, 1995; Harlen, 1997, 2010, 2015; Furió y Carnicer, 2002; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Pozo, 2006; Hodson, 2008; Abd-El-Khalick, 2013).
- Conocimiento de los estudiantes, que incluye conocer y aprovechar el contexto de los estudiantes, sus ideas previas, intereses y actitudes para enseñar un contenido científico (Pozo y Carretero, 1987; Driver et al., 1989; Osborne y Freyberg, 1991; Abell y Roth, 1992; Vosniadou y Brewer, 1992; Limón y Carretero, 2000; Zabala y Arnau, 2007).

- Conocimiento sobre estrategias de aprendizaje de las ciencias, para nuestro caso en particular, la indagación como modelo de aprendizaje ya que, según amplios estudios en varios países, es una metodología que ha mostrado buenos resultados para el desarrollo de competencias científicas no solo en niños(as) sino también en alumnos(as) de edades superiores (Metz, 1995, 1997, 2004, 2008; Jiménez-Alexandre, 1998; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2012; Schwarz y Gwekwerere, 2007; Rocard, 2007; Duschl et al., 2007; Furió, et al., 2008; Schwarz et al., 2009a; Minner et al., 2010; de Pro Bueno, 2011, 2014).
- Conocimiento sobre cómo evaluar el aprendizaje de los niños y niñas, que incluye el conocimiento de estrategias de evaluación acordes con el modelo de indagación (Sanmartí N. , 2007; Michaels y O'connor, 2012; Cañal, 2012a; Harlen, 2013; Forbes et al., 2015).

Con ello, podría favorecerse el inicio y desarrollo de su competencia docente en enseñanza de las ciencias, entendida la misma, como el “*saber hacer en contexto*” del maestro(a), es decir, la capacidad que tiene para reconocer, integrar y reflexionar en torno a su conocimiento sobre los contenidos científicos (tanto el conceptual que tiene como sus propias ideas sobre la naturaleza de la ciencia), el conocimiento de sus estudiantes (intereses, ideas previas, preocupaciones, etc), el conocimiento del contexto (escuela, comunidad, valores, etc.) y, cómo enseñar dichos contenidos científicos, planificando y diseñando secuencias de enseñanza basadas en estrategias de aprendizaje (como la indagación) para que las niñas y niños puedan, a su vez, desarrollar competencias científicas.

Como se ha podido observar en el planteamiento del problema y el marco teórico anterior, la formación de maestros debe atender pues, tanto al conocimiento de lo que es la ciencia y cómo se construye (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Hodson, 2008; Abd-El-Khalick, 2013), a la problemática de su enseñanza y aprendizaje en la escuela (Harlen, 1997, 2009, 2010; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2005; Metz, 2004, 2008, 2010; Furió et al., 2008; Furió y Furió-Gómez, 2009; Mellado 2012a, 2012b), así como también, debe favorecer que los futuros maestros aprendan los contenidos de su materia por medio de un proceso de investigación e inmersión en la cultura propia de la disciplina, como la que se pretende que luego utilicen con su alumnado (Smith, 2002; Appleton, 2008; Gil et al., 2008; Forbes, 2009, 2013; Forbes y Biggers, 2012; Martínez-Chico M., 2013, 2015).

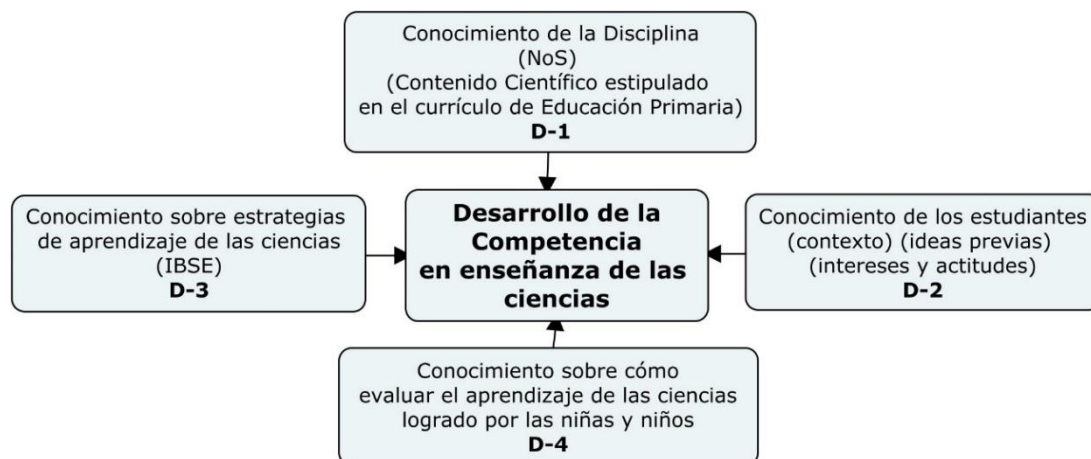
Furió y Carnicer (2002) explican que los profesores (en formación inicial o continuada) han de participar en la construcción de la “*ciencia de enseñar ciencia*” y, con su epistemología personal, han de apropiarse de manera significativa del conocimiento

didáctico existente. Sin embargo, para lograrlo, han de implicarse en la reconstrucción de este conocimiento y, por tanto, es necesario que un modelo de formación coherente con estos planteamientos constructivistas utilice la metáfora de los profesores, en formación inicial o continuada, como investigadores noveles en educación. Así pues, una formación pensada y estructurada teniendo en cuenta estos aspectos clave, ha de formar al maestro(a) para que desarrolle, en la medida de lo posible, su CDC (Shulman, 1986, 1989; Abell, 2007) en ciencias, entendido éste, como una competencia en enseñanza de las ciencias, deseable en todos los maestros y maestras.

Por tanto, si en esta investigación intentamos generar una programa de formación que permita a los maestros(as) en formación inicial facilitar el desarrollo de su competencia en enseñanza de las ciencias, consideramos imprescindible trabajar en las facultades de magisterio (como parte del programa de las asignaturas de didáctica de las ciencias), en torno a 4 dimensiones clave, que hemos simplificado a partir de los trabajos desarrollados en torno al desarrollo del posible CDC de los docentes, y son (la figura 6 muestra un resumen de los mismos):

- Conocimiento de la disciplina,
- conocimiento de los estudiantes,
- conocimiento sobre estrategias de aprendizaje de las ciencias y,
- conocimiento sobre cómo evaluar el aprendizaje de los niños y niñas,

Figura 6: Dimensiones que pueden contribuir al desarrollo de la competencia en enseñanza de las ciencias (CDC).



Igualmente, concebimos trabajar en torno a dichas dimensiones mediante un proceso en el que se permita al futuro maestro(a), por medio de la participación activa, trabajo cooperativo por pequeños equipos y constante reflexión de su propia praxis, no solo conocer (teóricamente hablando) cómo se han de trabajar los contenidos científicos por

medio de la indagación, sino también se trata de que vivan experiencias que les permitan asimilar las características principales de este modelo, cómo implementarlo y evaluarlo.

Bajo esta perspectiva constructivista de la formación de maestros(as), los estudiantes han de ser agentes activos de su propio aprendizaje y el docente universitario tiene un papel imprescindible y fundamental, de guía, tutor, mediador (en el sentido de ayudar a los equipos a tomar decisiones y así avanzar en caso de sentirse estancados) y facilitador de procesos de auto e inter-regulación. Entendemos pues, que estos aspectos han de ser transversales a las dimensiones mencionadas. Para mayor concreción al respecto de las mismas, se muestra a continuación un resumen:

¿Cómo se activa o construye el CDC? Aprendizaje situado o contextualizado

Al intentar responder a la pregunta de cómo se construye el CDC, Shulman (1987) afirma que cuando un profesor piensa sobre el contenido que desea enseñar, se inicia un *proceso de razonamiento y acción*, este proceso es un ciclo caracterizado por las siguientes fases:

- **Comprensión:** el profesor debe comprender críticamente el conjunto de ideas que quiere enseñar y por tanto se espera que entienda lo que pretende enseñar. Es decir, se esperaría que comprenda los objetivos educativos que persigue no sólo a nivel conceptual sino también a nivel procedimental, actitudinal y en valores; se esperaría que comprenda la estructura de la materia que enseña y por tanto qué es esencial y qué es periférico para ser enseñado; así como también el contexto y entorno del cual parte para enseñar (características, conocimientos, habilidades y bagaje de los estudiantes, la escuela, etc.).
- **Transformación:** Las ideas comprendidas deben ser transformadas de alguna manera para enseñarlas. En este punto el profesor debe realizar una planificación reflexiva de su actividad docente y por tanto decidir qué metodología usar para que esas ideas lleguen hasta la mente de los estudiantes y los motive a aprender, cómo se debe enseñar (selección y organización de los materiales a utilizar, así como de las posibles estrategias de enseñanza: analogías, demostraciones, explicaciones, etc.), tomando en consideración las mejores formas de representar dicho contenido. Shulman explica que durante esta etapa de preparación del material, selección de estrategias didácticas, metodología y adaptación de las mismas al aula, a los estudiantes (que tienen ideas previas respecto a un tema) y todo el proceso mediante el cual los profesores(as) pasan de la comprensión personal a la preparación para que otros

comprendan, constituye la esencia del acto de razonar pedagógicamente, de la enseñanza como raciocinio y de la planificación -explícita o implícita- del ejercicio docente. Afirma que también supone el análisis y la interpretación crítica de los materiales y metodología a usar en función de la manera particular que tiene el profesor de entender la materia (Ben-Peretz, 1975, citado por Shulman, 1987) y su concepción de enseñanza.

- Enseñanza: En este punto el docente activa todo su ideal de clase (producto de la reflexión de los puntos anteriores) y lo hace explícito en el aula con su grupo de estudiantes. En esta fase se evidencia la gestión del aula que un profesor puede llegar a tener, el control sobre la misma y, por supuesto la capacidad que tiene el profesor(a) de reestructurar y reformular todo el acto de enseñanza de acuerdo a las interacciones tanto positivas como negativas de los estudiantes con la metodología y estrategias que el profesor(a) había pensado. Está claro, que a pesar de una excelente planificación existe la posibilidad de que en la práctica ocurran acciones inesperadas por parte de los estudiantes (no comprender determinada actividad, actitudes tanto positivas como negativas, etc), o del mismo profesor y de acuerdo a ello se hace necesaria una reflexión inmediata de si funciona o no la metodología y las estrategias planificadas para la enseñanza de un determinado tema o es necesario cambiar las mismas para así obtener una interacción eficaz con los estudiantes.
- Evaluación: Esta fase incluye la forma que el profesor elige para evaluar lo que sus estudiantes han aprendido y debería estar en consonancia con las estrategias y metodología implementadas, por lo que se esperaría que a partir de ella se pueda obtener información sobre la comprensión de los estudiantes, pero también sobre sus dificultades, dudas y errores que persisten y, por supuesto, la posible relación que pudieran tener estos con las estrategias, el material o la gestión de aula utilizada. Así mismo, no es suficiente con conocer qué es lo que el estudiante llegó a comprender y qué no; es también absolutamente necesario la evaluación de la propia labor docente y hacia las lecciones y materiales empleados, por lo que también se constituye en nuevo acto de reflexión y conocimiento para implementaciones futuras de un tema.
- Reflexión: Es lo que el profesor(a) hace cuando analiza, en forma retrospectiva y en comparación con los objetivos que se pretendían alcanzar, el proceso de enseñanza y aprendizaje que ha tenido lugar, y reconstruye, vuelve a escenificar y/o experimenta los sucesos, las emociones y los logros. Es a través de esa serie de procesos que un profesional aprende de la experiencia y utiliza ese conocimiento para reestructurar o reformular su acto docente. Se puede hacer de forma independiente o en conjunto (apoyándose de grabaciones, por ejemplo).

- Nueva comprensión: Así se llega a un nuevo comienzo, al inicio de otro ciclo que depende del tipo de contenido a enseñar, se consolidan nuevas maneras de comprender y aprender de la experiencia tanto de planificación como del trabajo de aula propiamente dicho. Shulman (1987) explica que lograr llegar hasta este punto no se produce de forma automática, ni siquiera después de una evaluación y reflexión concienzuda, para que se produzca se hace necesario generar en el profesor(a) una cultura de utilización de estrategias específicas como la documentación, el análisis, el debate con otros colegas.

Shulman (1987) también añade que, pese a que los procesos de este modelo aparecen en forma secuencial, no se pretende que representen una serie de etapas rígidas, muchos de los procesos pueden, o no, tener lugar en distinto orden, aparecer en completo detalle o no. Por su naturaleza procesual, el Modelo de Razonamiento y Acción requiere procesos de razonamiento del profesor (maestro en formación en nuestro caso) sobre el contenido para la enseñanza que están en continua reestructuración.

Su dinámica se ve enriquecida por el contexto en que sucede, como resultado de las interacciones sociales que el acto educativo implica y los distintos momentos que caracterizan la práctica docente: planteamiento del tema, transformación didáctica de los contenidos, planificación, enseñanza, evaluación, revisión de los procesos, etc. En definitiva, el Modelo Didáctico de Razonamiento y Acción es un modelo dinámico y cíclico de reflexión y acción docente.

Al respecto, en palabras de Fenstermacher (1986) *“El objetivo de la formación docente no es adoctrinar o capacitar a los profesores para que actúen de maneras prescritas, sino educarlos para que razonen bien sobre lo que enseñan y desempeñen su labor con idoneidad. Para razonar bien se requiere tanto un proceso de reflexión sobre lo que se está haciendo como una adecuada base de datos, principios y experiencias a partir de los cuales se pueda razonar. Los profesores tienen que aprender a usar su conocimiento base para fundamentar sus decisiones e iniciativas”*.

En consecuencia, la formación docente debería trabajar con las convicciones que orientan las acciones de los profesores, con los principios y las evidencias que subyacen en las alternativas que escogen. Shulman también explica que la formación docente tendría que proporcionar a los(as) estudiantes las formas de comprensión y las destrezas necesarias para que puedan progresar mediante el razonamiento y reflexión continua.

Así mismo, podría afirmarse que tales procesos de reflexión y razonamiento continuo es imprescindible que ocurran tanto de forma individual como en comunidad, es decir, permitiendo la cooperación entre iguales (en nuestro caso, entre maestros en formación). Son varios los trabajos de investigación que muestran la importancia de un aprendizaje situado o contextualizado y cooperativo (Brown et al., 1989; Rogoff, 1990 citados en Scott et al., 2007) dado que según esta perspectiva, el aprendizaje es visto como un proceso de enculturación o participación en prácticas socialmente organizadas, a través de las cuales ciertas habilidades especializadas podrían ser desarrolladas por los aprendices mientras participan activamente en un proceso de aprendizaje guiados por un tutor o mediador del proceso.

Según Brown et al. (1989), los componentes clave de un proceso de aprendizaje situado incluyen: trabajar con base en la construcción de modelos, profesores como guías y mediadores, cooperar con iguales de acuerdo a un objetivo y alentar a los estudiantes a reflexionar sobre sus propias estrategias de resolución de problemas. Este aprendizaje es el que lleva al aprendiz a involucrarse en prácticas auténticas de construcción o desarrollo de habilidades. Brown et al., (1989) afirma que, desafortunadamente, a los estudiantes (sea el nivel que sea) se les pide a menudo que utilicen las herramientas de una disciplina sin poder adoptar su cultura y, para aprender a usar unas herramientas como los “expertos” lo harían, es necesario que los estudiantes participen y construyan conocimiento en comunidad.

Igualmente, las perspectivas de aprendizaje situado también han sido utilizadas como parte de la justificación teórica para los enfoques basados en la indagación tanto de la enseñanza en general, como del aprendizaje de las ciencias en particular (por ejemplo, Metz, 2008, 2010, Roth, 1996). Los autores plantean que, si se pretende enseñar habilidades científicas a los niños, se hace necesario involucrarles en procesos de trabajo en equipo (parte de una comunidad) donde se puedan resolver problemas (adaptados, claro está, al contenido del currículo escolar) y experimentar la incertidumbre, ambigüedad y la naturaleza social del trabajo y del conocimiento científico real.

Podríamos decir que aplicada esta perspectiva a la formación de maestros –que en un futuro intentaran en las aulas de primaria favorecer el desarrollo de competencias científicas en las niñas y niños- también es necesario que ellos participen de un proceso de aprendizaje en el que puedan entender, estructurar y reestructurar el currículo de ciencias que en un futuro enseñaran, cooperen con sus iguales y experimenten como parte de la comunidad a la que pertenecen (maestros en formación) en procesos de compartir conocimientos, prácticas, recursos, discursos y reflexiones.

Enseñanza-aprendizaje basado en el trabajo cooperativo

Un aprendizaje situado o contextualizado, como el que hemos mencionado, en el que el profesor ha de tener un papel de guía y mediador, también requiere del trabajo constante y comprometido por equipos formados por los futuros maestros(as); dicho trabajo se enfoca, en nuestra investigación, en plantearles a los maestros en formación un objetivo a conseguir: el diseño-estructuración y valoración de una secuencia de aprendizaje de una temática concreta de Primaria basada en el modelo de indagación. Los métodos de aprendizaje cooperativo comparten la idea básica de que los estudiantes trabajan juntos por un objetivo común, para aprender, crecer y son igualmente responsables del aprendizaje de sus compañeros como del propio (Slavin, 2014; Cobas Cobiella, 2016).

Es decir, como se resume en Cobas (2016), “en el aprendizaje en equipo de alumnos, las tareas de los alumnos no consisten en hacer algo como equipo, sino en aprender algo como equipo”. Existen múltiples características y formas de implementar el aprendizaje basado en la cooperación (Johnson, et al., 1994; Sharan y Sharan, 1992), sin embargo, al igual que pasa con el aprendizaje basado en proyectos (Hernández, 2000; LaCueva, 1997) sí se puede decir que es un trabajo educativo más o menos prolongado (de tres a cuatro o más semanas de duración), con fuerte participación de los estudiantes en su planteamiento, en su diseño y en su seguimiento, y propiciador de la indagación en el aula dado que implica una labor autopropulsada que conduce a resultados propios (Johnson, et al., 1994; LaCueva, 1997).

Así mismo, la importancia de formar equipos y aprender de forma cooperativa, radica en el hecho mismo de que el desarrollo de algunas competencias básicas, necesariamente, requieren de la estructura cooperativa de la actividad en el aula. Es decir, algunas competencias básicas no pueden desarrollarse dentro de una estructura individualista o competitiva, Pujolàs et al. (2011) explica precisamente que “*competencias comunicativas –como, por ejemplo, expresar, argumentar e interpretar pensamientos, sentimientos y hechos; escuchar las ideas ajenas; aceptar y realizar críticas constructivas; colocarse en el lugar de otro de forma empática; respetar opiniones distintas a las propias con sensibilidad y espíritu crítico...–, y algunas competencias sociales –como practicar el diálogo y la negociación para resolver conflictos; trabajar en equipo aportando lo que uno sabe junto a lo que saben los demás para resolver juntos problemas comunes...–, ¿cómo se pueden desarrollar en un aula organizada de forma individualista, en la cual los alumnos prácticamente no interactúan entre sí o compiten con otros?*

El trabajo en equipos cooperativos combina el estudio empírico con la consulta bibliográfica y, tiene sentido si favorece la construcción de un conocimiento que promueva

no sólo la comprensión de un tema sino la capacidad para actuar en el contexto próximo de una manera responsable y solidaria, de ahí que también lo consideremos, en nuestra investigación, como un elemento transversal importante.

Los maestros en formación en un futuro serán responsables de la educación de las futuras generaciones, por ello han de ser igualmente responsables, agentes activos y críticos en su labor como estudiantes. Los trabajos de Johnson, et al. (1994) y Pujolàs (2009) muestran que el trabajo cooperativo permite crear un posicionamiento personal más sensible frente a los otros, favorece el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la toma de decisiones y el plantear soluciones constructivas para un grupo.

Nuestra propuesta de enseñanza en las aulas de magisterio, defiende un replanteamiento del currículo de didáctica de las ciencias para magisterio, y el trabajo por equipos que cooperan para alcanzar un objetivo, permite precisamente replantear la organización del currículum por materias y la manera de plasmarlo en el tiempo y el espacio escolar. Lo que hace necesario desarrollar una propuesta de currículum que no sea una representación del conocimiento fragmentada, sin continuidad y alejada de los problemas que viven y a los cuales necesitarán responder los futuros maestros en sus vidas.

Bajo este prisma, una organización del currículum en el que la participación activa del estudiante le permita resolver problemas puede favorecer el superar concepciones de un currículo basado en los contenidos como algo fijo e inamovible. Y, más bien, entenderlo como un proceso de construcción en el que hay que tener en cuenta lo que sucede fuera de la escuela, las transformaciones sociales y en los saberes, la apertura hacia los conocimientos que circulan fuera del aula y que van más allá de los contenidos especificados por currículum básico (Hernández, 2000).

Este autor también plantea que esto es importante, entre otras razones, para poder aprender a establecer relaciones con el ingente volumen de información que hoy se produce y que nada tiene que ver con lo que sucedía, por ejemplo, cuando buena parte del profesorado (mayores de 40 años) acudía a la universidad.

La enseñanza-aprendizaje por equipos cooperativos, como es evidente, implica replantear la función del docente universitario teniendo en cuenta un nuevo papel de facilitador que ayuda a problematizar la relación de los estudiantes con el conocimiento, en un proceso en el que el profesor actúa como guía y en ocasiones como aprendiz. En este replanteamiento es importante que el docente aprenda a escuchar, ya que esto sirve de base para construir con los alumnos experiencias significativas de aprendizaje. Es

decir, experiencias que no tiene un único recorrido, que permiten desarrollar una actitud investigadora y ayuda a los estudiantes a aprender de ellos mismos y de las situaciones del mundo que les rodea (de lo local a lo global).

En este sentido, el diálogo constante es importante y puede contribuir a expandir el conocimiento de los alumnos y a responsabilizarles de la importancia de aprender de los otros y con los otros. Si se tiene esto, los proyectos de trabajo apuntan hacia una manera de representar el conocimiento escolar basada en el aprendizaje de la interpretación de la realidad, orientada hacia el establecimiento de relaciones entre la vida de los alumnos y profesores y el conocimiento de las disciplinas (que no coinciden con las materias escolares) y otros saberes no disciplinares (Hernández, 2000).

Por tanto, el trabajo por equipos cooperativos invita a repensar la naturaleza y las funciones de la escuela. Sobre todo, porque todavía la escuela se fundamenta en concepciones y prácticas establecidas en el siglo XVII (agrupación por criterios de edad, división de los temas por secuencias, libros de texto, motivación competitiva). Frente a esta realidad, está claro que la concepción de un currículum a la que se vinculan los proyectos de trabajo, requiere una organización del tiempo y del espacio de la clase más compleja y flexible, un enfoque educativo que posibilite la comprensión de los problemas y los temas en los que investigan los estudiantes, una utilización más amplia de fuentes de conocimiento que la que brindan los libros de texto, que suelen seguir concepciones y mostrar informaciones de dudosa actualidad, además de sugerir actividades de baja complejidad cognitiva (Alonso, 1998: Citado por Hernández, 2000).

Así mismo, en trabajos como los de Henry (1994) se plantea que la enseñanza a través de proyectos cooperativos puede favorecer el desarrollo de la autodirección, en la medida en que posibilita el desarrollo de sus iniciativas para realizar de manera individual o con otros procesos de indagación, ordenación e investigación (preguntar, plantear un problema, unas hipótesis, planificar comprobaciones, etc.); favorece la inventiva y la creatividad, mediante la utilización creativa (en cuanto búsqueda y exploración de caminos alternativos desde el diálogo con los existentes) de recursos, métodos y/o explicaciones alternativas a las que suelen aparecer en los libros de texto.

El hecho de plantear propuestas, construir hipótesis, diseñar una actividad, sólo se hacen evidentes cuando la capacidad creativa del estudiante se pone en marcha; favorece la crítica, dado que, al trabajar por equipos para alcanzar un objetivo, constantemente ha de hacerse un análisis y reflexión de lo que se hace; favorece la toma de decisiones, ya que los equipos han de elegir lo que es relevante en la investigación y lo que se ha de incluir en el proyecto para comunicarlo. Finalmente, ligado a lo anterior, contribuye a la

comunicación interpersonal, puesto que ha de contrastar las propias opiniones y puntos de vista con otros, y hacerse responsable de ellas, mediante la escritura u otras formas de representación.

Compromisos del docente universitario: El papel de las Tutorías

Está claro, que las clases presenciales no suelen tener el suficiente tiempo para que un profesor(a) universitario cumpla al 100% con los requerimientos mencionados al inicio de este apartado, por ello, y lo hemos vivido en esta investigación, las tutorías se convierten en espacios donde el trabajo que van desarrollando los equipos de estudiantes y la colaboración del profesor universitario son necesarios e imprescindibles. Estas tutorías permiten a los equipos discutir aspectos importantes de su trabajo (respecto al problema o situación de interés del que parten para la realización de la secuencia, las preguntas que guiarán las actividades de la misma, si son adecuadas o no, si se entienden, si las actividades prácticas elegidas tienen sentido o no, etc.), aclarar dudas (bien sea sobre la forma, o sobre el contenido mismo de la secuencia), manifestar preocupaciones que no se sentirían cómodos en manifestar con todo el grupo de clase.

Hemos detectado que en las tutorías es donde se trabaja y evidencian, con mayor facilidad, aspectos específicos de cómo los maestros en formación construyen su propio aprendizaje sobre la enseñanza de un tema o concepto; durante las horas de clase, donde hay entre 35 a 40 estudiantes, se logran detectar aspectos generales, pero no particulares, se logran aclarar dudas generales, pero otras preocupaciones quedan sin aclarar, y es en las tutorías donde se ponen en evidencia. Como también se menciona en trabajos como los de Garmendia et al. (2014), donde se propone una metodología de enseñanza para el docente universitario, el simple hecho de mostrar y describir una metodología al profesorado no significa que se esté en condiciones de aplicarlo en sus asignaturas.

Por ello, en su programa se establece como fundamental recurrir a la *mentoría* (para nosotros tutorías) de larga duración, como forma de acompañar al profesor/a tanto en el diseño de una propuesta activa como en su implementación en el aula. Otros trabajos como los de Appleton (2008; 2013) también aclaran que cuando el objetivo de un programa es desarrollar o aumentar las habilidades docentes, las estrategias con amplios grupos de estudiantes no resultan nada efectivas, dado que cada maestro(a) o futuro maestro(a) tiene sus particulares conocimientos y creencias con las que es necesario trabajar.

En esta misma línea de trabajo, Furió y Carnicer (2002a) también mencionan que un programa de formación ha de intentar conseguir, como mínimo, un cambio actitudinal en el profesorado hacia la didáctica de las ciencias y, si es posible, iniciarle en la investigación didáctica. Para que ello sea posible, trabajar en equipos y replicando investigaciones didácticas dirigidos, en una fase inicial, por un investigador experto (el tutor, asesor o coordinador) es una vía importante para lograr que el futuro profesor asuma un papel activo, un cambio actitudinal que ayude al desarrollo de sus competencias.

Estos procesos de cambio actitudinal, no son fáciles de conseguir, dado que requieren por parte del estudiante (en formación) realizar constantes procesos de auto e inter-regulación del propio aprendizaje (Zimmerman, 2001), y ello requiere tiempo, esfuerzo y gran colaboración por parte del profesor(a) universitario, de ahí que lo consideremos en esta investigación como un agente clave para favorecer el desarrollo de la competencia en enseñanza de las ciencias en los futuros maestros.

Los procesos de reflexión que pueden llevar a cabo los maestros(as) en formación, en los que ellos mismos logran detectar qué visiones favorables y desfavorables tiene de la ciencia y cómo enseñarla y, con ello poder planificar una posible secuencia de enseñanza, son procesos complejos, que además de tiempo y colaboración entre compañeros, requieren ayuda del profesor universitario (justo en esos momentos en los que el propio estudiante no pueda avanzar más).

Por ello es tan importante su papel como tutor, para permitir al maestro en formación conocer, adaptar o modificar estrategias afectivas de auto e inter-regulación y así avanzar hacia -lo que nosotros desde esta investigación consideramos el objetivo fundamental en la formación del maestro(a)- el desarrollo de su competencia en enseñanza de las ciencias. En el trabajo de Garmendia et al. (2014) se realiza un interesante y completo resumen basado en los trabajos de Bradbury (2010, mencionado en Garmendia et al., 2014, pág. 115-116) sobre las características clave y comportamientos esperados por parte de un buen mentor o tutor que, por supuesto, han de tenerse en cuenta cuando se están implementando metodologías de enseñanza para docentes como las que los autores, y nosotros mismo, exponemos.

Dada la importancia de dichas características, puesto que yo misma y la docente universitaria (titular de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Valencia con experiencia en investigación y enseñanza en las aulas basada en la investigación guiada) actuábamos como tutoras del proceso de enseñanza, mostraremos a continuación las características resumidas por Garmendia et al. (2014, pág. 116):

- El papel del tutor no supone “obligar” al profesor (o maestro en formación en nuestro caso) participante a adaptar el punto de vista del tutor sino más bien hacerle reflexionar sobre estrategias de enseñanza alternativas y sus implicaciones en su práctica educativa. Por el contrario, el tutor y el profesor trabajan conjuntamente para mejorar la enseñanza de acuerdo con los requerimientos del proyecto que se está llevando a cabo.
- El trabajo de reflexión profesor-tutor, se sitúa dentro de la línea de “Investigación en la acción”, que considera el aprendizaje como un proceso social ligado al contexto donde ocurre y que utiliza como fuente de aprendizaje la propia práctica educativa (Elliot, 1993a, 1993b; Rivero y Porlan, 2004; Porlán et al., 2011). En este sentido, los tutores adoptan como campo de análisis el propio trabajo del profesor participante (o maestro en formación en nuestro caso) y la utilizan al mismo tiempo para hacerles reflexionar sobre esta.
- Como se mencionaba más arriba en este marco teórico, una de las dificultades para el cambio educativo es la propia epistemología personal docente construida a partir de la experiencia como alumno, la cual es difícil de cambiar (Porlán, 1994; Furió, 1995; Mellado, 1997, 2001; Porlán et al., 1998; Furió et al., 2002b). Estos resultados detectados por la investigación deberían ser tenidos en cuenta por los tutores para así convertirse en fuente de conocimiento, y a la vez, hacerle comprender que las ideas de sus futuros alumnos(as) pueden ser una fuente de conocimiento que le ayudará a resolver algunos de sus problemas de enseñanza. Con lo que la epistemología personal docente puede ser un obstáculo al cambio didáctico, pero también un punto de partida para la reflexión (Furió y Carnicer, 2002b).
- Los mentores o tutores han de buscar un equilibrio entre los problemas concretos y urgentes del profesor participante y la necesaria adquisición de conceptos y teorías que justifican estratégicamente la resolución de esos problemas. El tutor muestra en la ayuda al profesor participante la necesaria unión entre la teoría educativa y su práctica. Para nuestro caso, ha de colaborar con los equipos de trabajo para que aprendan a discriminar entre actividades que convienen o no, hasta llegar a la conclusión de que no todas son igualmente válidas ni efectivas. Este trabajo ayuda a generar nuevas ideas en el profesor y a que se plantee nuevos retos.
- En resumen, los mentores fomentan una reflexión centrada en la práctica educativa del profesorado y facilitan dicha reflexión de acuerdo con los resultados de la investigación educativa. Como resultado se espera que el profesorado aprenda en virtud de su propio análisis e indagación. Durante este aprendizaje auto dirigido los

profesores interaccionan en grupo con otros profesores, discuten, comparan, revisan y debaten permanente sus experiencias.

Así pues, en concordia con este marco de referencia, las actividades propuestas para trabajar con los maestros en formación las podemos describir, de forma general, de la siguiente manera (en el capítulo 3 se especificará el uso de las mismas en relación con los instrumentos de recogida de datos):

- Actividades que permitan la reflexión, diálogo y llegar a una conclusión tanto individual como por equipos. Un ejemplo de este tipo de actividad es el seminario, entendido como un espacio en el que se respeta la diversidad de opiniones con la finalidad de generar ideas y aportes para un fin común: retroalimentarse, analizar y comprender un tema o evento, resolver problemas abiertos, etc. En el seminario, es muy importante que todos los participantes se hayan preparado previamente (documentarse, elaborar esquemas, resúmenes, determinar ideas importantes a discutir o inquietudes, etc.). Otro tipo de actividad en esta misma línea corresponde a debates tanto en los equipos de trabajo como en grupos de clase y talleres para analizar un estudio de caso o para resolver una situación planteada.
- Actividades que permitieran la auto e inter-regulación del aprendizaje en cuanto a los conocimientos adquiridos. En este punto, los análisis del propio aprendizaje se procuran realizar de manera individual y de forma escrita, primero implementando test diagnósticos para luego autoanalizarlos o directamente respondiendo a preguntas como: ¿Qué sé sobre...? ¿Qué he comprendido del artículo...? ¿Qué quiero que aprendan los niños sobre...? ¿Por qué quiero que lo aprendan? ¿Qué haría si...?, etc. El diálogo y toma de decisiones entre los miembros del equipo, es la actividad de inter-regulación más trabajada (siempre mediada por el tutor).
- Actividades prácticas de tipo experimental tanto en sesiones de clase como en las tutorías. En las tutorías con cada equipo de trabajo se realizaron este tipo de actividades, dado que, como es obvio, los equipos debían probar y comprobar que todas las actividades prácticas tal y como las habían diseñado funcionaban y permitían, tanto la participación activa de los estudiantes (cuando las fuesen a realizar) como manipular, por ejemplo, una variable conceptual relacionada con el fenómeno que se pretendía abordar.

2.5.2 Planificación de la propuesta de programación del currículo de la asignatura de Didáctica de las Ciencias en el tercer curso de Magisterio (Especialidad de Educación Primaria)

2.5.2.1 Temporalización

La planificación ha cumplido con las disposiciones mostradas en el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y, por los artículos modificados propuestos en el Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1393/2007. Así mismo, se sigue el calendario oficial estipulado por la Universidad de Valencia (figura 7), por lo que la asignatura pertenece al primer cuatrimestre, tiene una carga horaria de 6h por semana, distribuidas en 3 clases de 2h cada una. El número total de sesiones disponibles fue de 26.

Figura 7: Calendario oficial curso 2012-2013

2012 septiembre							2012 noviembre						
LUNES	MARTES	MIÉRCOL	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOL	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
27	28	29	30	31	01	02	29	30	31	01	02	03	04
03	04	05	06	07	08	09	05	06	07	08	09	10	11
10	11	12	13	14	15	16	12	13	14	15	16	17	18
17	18	19	20	21	22	23	19	20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30	01	02
2012 octubre							2012 diciembre						
LUNES	MARTES	MIÉRCOL	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOL	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
01	02	03	04	05	06	07	26	27	28	29	30	01	02
08	09	10	11	12	13	14	03	04	05	06	07	08	09
15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	14	15	16
22	23	24	25	26	27	28	17	18	19	20	21	22	23
29	30	31	01	02	03	04	24	25	26	27	28	29	30

días de clase festivos
 semana de actividades complementarias Prácticas II (prácticas en colegios)

2.5.2.2 Objetivos de la asignatura

A los estudiantes de magisterio, desde el primer día de clase se les especifica cuáles son los objetivos de la asignatura, qué se va hacer en la misma, cómo y, la evaluación que van a tener. A continuación, se propone el siguiente objetivo general:

- Aprender a enseñar ciencia y tecnología de forma reflexiva e innovadora con el fin que seamos capaces de:

- Promover el interés por la cultura científica y tecnológica.
- Evitar transmitir visiones distorsionadas sobre las ciencias y la tecnología.
- Evitar transmitir/generar errores conceptuales.
- Ayudar a nuestros estudiantes a aprender de forma efectiva (desarrollar sus competencias).
- Promover hábitos saludables, actitudes y comportamientos solidarios y, en particular, de respeto y defensa del medio natural y social, que contribuyan al avance hacia un futuro sostenible.
- Evaluar los distintos niveles de consecución de las competencias de nuestros estudiantes.

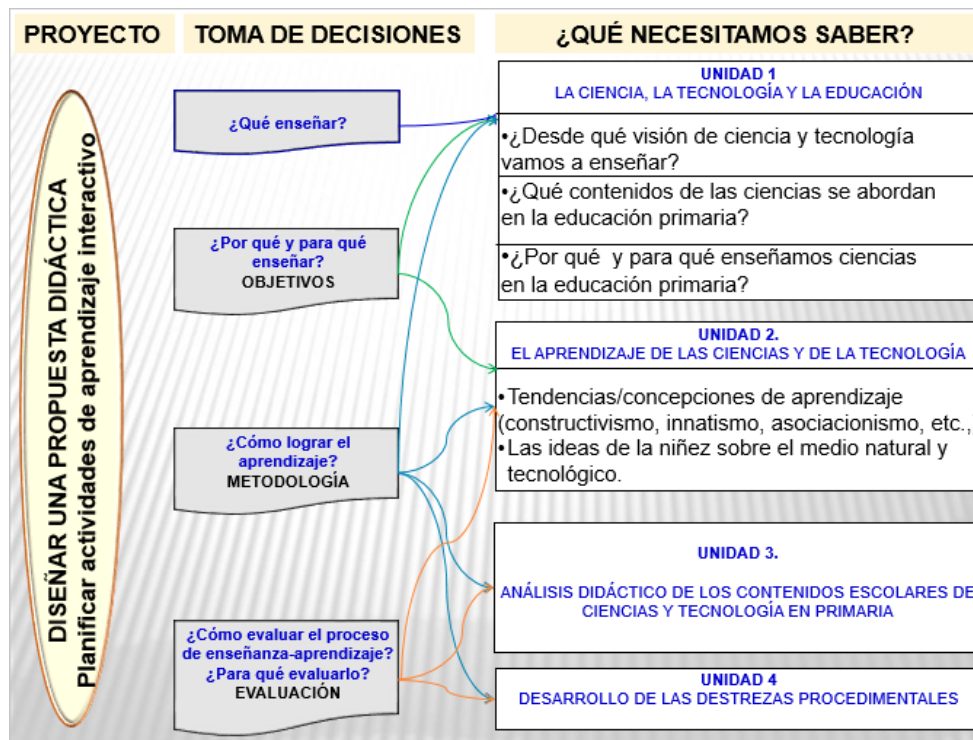
Se proponen los siguientes objetivos específicos

- Elaborar propuestas didácticas. Para ello aprenderemos a tomar decisiones sobre:
 - ¿Qué enseñar de las ciencias? (seleccionar contenidos relevantes).
 - ¿Por qué y para qué enseñar ciencias? (clarificar objetivos de aprendizaje)
 - ¿Cómo lograr que mis estudiantes aprendan? (seleccionar metodologías y planificar actividades de aprendizaje)
 - ¿Cómo evaluar el aprendizaje de mis estudiantes?
- Realizar clases que sean coherentes con nuestra planificación (aprender a implementar las propuestas).
- Ser crítico ante el estudio de las ciencias y la tecnología:
 - Analizar la importancia de las ciencias naturales como parte de la cultura.
 - Analizar sus relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente CTSA.
 - Analizar sus repercusiones. El papel que juegan en nuestras vidas y en la transformación del entorno.

2.5.2.3 Contenidos a trabajar

Naturalmente, y teniendo en cuenta las directrices del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad, a los estudiantes universitarios se les presentan los contenidos a trabajar durante el cuatrimestre. En la figura 8, se puede apreciar la relación de los mismos con el objetivo fundamental presentado a los estudiantes.

Figura 8: Presentación de las Unidades de contenidos a trabajar.



2.5.2.4 Metodología y sistema de evaluación

En coherencia con el marco teórico expuesto en apartados anteriores, a los estudiantes universitarios también se les explica que los contenidos de la asignatura se trabajarán mediante aprendizaje cooperativo, asumiendo el rol de maestros que analizan constantemente sus conocimientos e ideas espontáneas respecto a qué entendemos por actividad científica, qué enseñar en una asignatura de ciencias en Educación Primaria y cómo enseñar para fomentar el desarrollo de competencias clave. Así mismo, tienen gran importancia las tutorías como espacios de reflexión crítica en la que el docente universitario guía, media y reconduce si es necesario.

Dado que el trabajo llevado a cabo por los estudiantes de magisterio que participaron en la investigación es de carácter cooperativo, trabajarán durante todo el cuatrimestre en equipos de máximo 5 integrantes. Sí que es importante aclarar aquí, que hay actividades, y cuestionarios que realizan individualmente, pero todos los momentos que implican la planificación, diseño, estructuración, reflexión y evaluación en torno a la secuencia de aprendizaje realizada por ellos (sobre un tema de ciencias del Currículo de Educación Primaria), así como sus reflexiones y autoevaluaciones en torno a su proceso de aprendizaje, sus ideas espontáneas, sus sentimientos frente al proceso, se hace siempre en equipo.

Así mismo, dado que es una asignatura de tercer curso de magisterio y se ha de calificar a los estudiantes y dar una nota, por ello también se les aclara cuál será la forma en que serán evaluados. En el anexo 1 se pueden ver las diapositivas con las que se trabaja en la clase del primer día, y en las que se explica cómo se obtendrá la nota.

2.5.3 Descripción del programa de formación propuesto y desarrollo de las sesiones

Como explicábamos en el marco teórico, las 4 dimensiones relativas a los distintos conocimientos (CDC) que se desean mejorar en el futuro maestro son : a) conocimiento de la disciplina (D-1), que implica, por una parte, el conocimiento sobre la naturaleza del conocimiento y trabajo científicos y, por otra, el conocimiento sobre el contenido a enseñar; b) conocimiento anterior de los estudiantes (D-2), que implica el conocimiento de sus propias ideas previas sobre el contenido a enseñar, sus intereses, inquietudes y valores (componente axiológico); c) conocimiento de estrategias efectivas de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (D-3), en nuestro caso específico, el relativo a la metodología de Indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje y d) conocimiento de metodologías de evaluación en ciencias (D-4) acordes con el modelo de aprendizaje basado en la indagación. Estas dimensiones son la base para el diseño de la secuencia de enseñanza que se lleva a cabo con los estudiantes de magisterio que participaron en la investigación.

El programa de formación pasa por 3 fases pensadas para la totalidad de sesiones disponibles durante el cuatrimestre y, tienen como finalidad permitir que el maestro y maestra en formación participe activamente en un proceso que le permita tanto conocer, como vivenciar un proceso en el que pueda diseñar, implementar y valorar una secuencia de aprendizaje (sobre un contenido de ciencias del currículo de primaria) basada en el modelo de aprendizaje por indagación. Estas fases abarcan las dimensiones anteriormente mencionadas y son las que nos permiten concretar el problema general de esta investigación en tres preguntas fundamentales, se comentarán cada una en la fase correspondiente.

Por otra parte, para una mayor claridad y entendimiento global del programa de formación propuesto, a continuación, en el cuadro 4, se presenta una hoja de ruta a seguir, con el número de actividades y sesiones que se trabajarán por cada fase, también se muestran en la última columna una relación de los instrumentos de recogida de datos propuestos que nos servirán posteriormente para discutir y concluir de acuerdo a los datos recogidos.

Consideramos que este cuadro relacional es necesario para ver de forma global la planificación de sesiones y cómo proponemos nuestra posible solución al problema

Cuadro 4: Hoja de ruta del programa de formación diseñado para la asignatura de didáctica de las ciencias experimentales de la Universidad de Valencia (tercer curso).

Fases	Dimensiones	Secuencia de Preguntas que guiarán las sesiones y actividades a desarrollar	Sesión	Actividades	Instrumento
Fase 1	Introducción	Indagación de las ideas de los estudiantes respecto a cómo ven actualmente la enseñanza de las ciencias, qué dicen los informes internacionales al respecto, retos a futuro, etc. ¿Los estudiantes tienen claro desde el principio qué se va hacer durante el cuatrimestre y cómo? ¿Cómo serán evaluados y qué criterios de evaluación serán tenidos en cuenta?	1 a 3	A-0	
	D-1 Conocimiento de la Disciplina (NdC, Contenidos científicos del currículo de ciencias de Ed. Primaria)	D-1.1a ¿Cuáles son las ideas previas de los futuros maestros sobre la actividad científica y el conocimiento científico?	4		C-1 ³³
		D-1.2 ¿Cómo se organizan los contenidos de ciencias en el currículo de Educación Primaria? ¿Qué objetivos presenta hacia la educación científica y tecnológica?	5 y 6	A-1 y A-2	
		D-1.3a ¿Cuáles son las ideas previas de los maestros en formación con respecto a los contenidos científicos a trabajar ³⁴ ?	7		E-1a ³⁵
		D-1.3b ¿Por qué es importante conocer los contenidos a enseñar?	Tutoría 1		G-1 ³⁶ , E-1b
	D-1.1b ¿Por qué es importante conocer acerca de nuestras posibles visiones deformadas de conocimiento científico? ¿Influyen en la posible forma de enseñar?	8 y 9	A-3	C-2	
Fase 2	D-2 Conocimiento del estudiante (ideas previas, contexto del estudiante)	D-2.1 ¿Son importantes las ideas previas (de los niños y niñas) como punto de partida para las posibles actividades de aprendizaje a implementar?	10 y 11	A-4	
		D-2.2 Relevancia de la contextualización de los contenidos para estructurar las actividades de aprendizaje que quieren implementar?	Tutoría 2		
	D-3 Conocimiento de metodologías innovadoras de Enseñanza de las ciencias -IBSE-	D-3.1 ¿Qué enfoque consideran adecuado los maestros(as) para enseñar ciencias? ¿dicho enfoque permite la participación activa del estudiante, tiene en cuenta sus ideas previas?	12 y 13	A-5 y A-6	E-2
		D-3.2 ¿Qué es el aprendizaje basado en el modelo de indagación? ¿por qué se considera referente para la enseñanza de las ciencias?	14	A-7	
		D-3.3 ¿cómo debería ser la estructura de una secuencia de aprendizaje basada en el modelo de indagación? ¿Qué tipo de actividades deberían tenerse en cuenta para trabajarse los contenidos?	15 a 17	A-9	E-3
	D-3.4 ¿cómo debería ser la evaluación de los niños y niñas mediante un aprendizaje basado en la indagación?	Tutoría 3 y 4		G-2	
Fase 3	D-4 Evaluación del aprendizaje de las ciencias	¿Cómo valorar cada una de las secuencias de aprendizaje elaboradas por los equipos?	18 y Tutoría 5		
		¿Cómo valorar la efectividad de las secuencias de aprendizaje que se lograron implementar a los niños y niñas?	19 a 25		C-3 G-3
	Valoración y reflexión final de la experiencia de formación	¿Qué conocimientos han logrado adquirir los futuros maestros sobre la indagación (como modelo de aprendizaje de las ciencias) al final del proceso llevado a cabo durante el cuatrimestre?	Jornada en los colegios		G-4, C-4 C-5
		¿Qué reflexiones y análisis hacen los futuros maestros(as) respecto a la posible contribución, de esta experiencia de formación, para el desarrollo de su competencia en enseñanza de las ciencias?	26 +1 de Seman. Exam.		C-6

33. C-1 a C-6: Cuestionarios escritos para conocer las ideas previas de los estudiantes.

34. Como cada equipo elige un tema diferente, las ideas previas recogidas en este punto, sólo corresponden a los miembros del equipo que trabajan dicho tema. Es decir, se registran las ideas previas respecto a un tema por cada 4-5 estudiantes aproximadamente.

35. E-1 a E-3: Documentos escritos por los estudiantes para conocer sus ideas particulares respecto a alguna actividad específica.

36. G1-G4: corresponde a grabaciones realizadas durante las tutorías, de ellas se extraerán las ideas y argumentos aportados por los equipos durante las discusiones generadas en las mismas.

general de investigación descrito en el capítulo uno. Tanto las actividades como los instrumentos de recogida de datos pertenecientes a cada fase y mencionados en el cuadro, se van a detallar a continuación. Aclarar que los criterios de evaluación para cada uno de los instrumentos presentados, se explicarán en el capítulo 3 porque hacen parte, propiamente, del diseño experimental seguido. Aquí consideramos necesario, únicamente, mencionarlos, dado que son parte de los recursos usados en cada una de las sesiones que se van a desarrollar.

2.5.3.1 Desarrollo de las sesiones en la Fase 1

La fase 1 pretende abordar la introducción de la asignatura y presentación al estudiante universitario de los objetivos a cubrir en el curso. También, en esta primera fase se recogen las ideas espontáneas de los futuros maestros respecto a D-1.

Dado que el problema presentado en el apartado 1.4 es general y, ha de simplificarse más para poder ser investigado adecuadamente, se establecen dos sub-preguntas de investigación, la primera se trabajará en la fase 1 y la segunda en las fases 2 y 3, concretamente en la fase uno se pretende abordar: ***¿El programa de formación propuesto en la clase de Didáctica de las Ciencias puede contribuir a mejorar el conocimiento científico del estudiante en el tema de Ciencias seleccionado, así como el conocimiento sobre la naturaleza de la actividad científica?***

Las sesiones propuestas son las siguientes:

- **Sesión 1-3:**

Presentación de los estudiantes, las profesoras y primera toma de contacto. Se realiza una pequeña introducción sobre la importancia de la participación, expresar ideas, dudas, argumentos, etc. y no temer por hacerlo, se habla sobre el trabajo cooperativo y el papel de las tutorías, dado que serán la base de todo el trabajo que se realizará durante el cuatrimestre.

Se realiza la actividad **A-0**: Presentación de la asignatura e indagación, a nivel general, sobre las ideas de los estudiantes respecto a:

- ¿Qué opinión tenemos sobre la enseñanza actual de las ciencias en Educación primaria? ¿es suficiente? ¿fomenta en verdad la alfabetización científica y tecnológica? ¿qué habéis visto y percibido durante las Prácticas I?
- ¿a qué se debe el fracaso constatado mostrado por organizaciones internacionales en el aprendizaje de las Ciencias en la escuela? –entre las causas seguramente los estudiantes indicarían la ‘falta de preparación del maestro o maestra’- y, después se puede incidir por las profesoras en la necesidad de metodologías más activas y preguntarles sobre: ¿cómo enseñarían un concepto físico cualquiera, como, por

ejemplo, luz y sombra? A nivel general, nada específico porque la idea es conocer qué ideas generales tienen sobre metodologías en el aula.

La segunda y tercera sesión, se retoman sus ideas y se les explica que el objetivo de la asignatura sería llevar a cabo un proyecto por cada equipo que tiene como finalidad la resolución del siguiente problema: *¿Cómo diseñar, implementar y evaluar una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en un modelo de aprendizaje innovador como puede ser la indagación, sobre un contenido científico propio de Educación Primaria?*), así mismo se explican fechas clave, cómo podemos a empezar a abordar el problema, cómo obtendrán su nota, etc. (pueden verse las diapositivas usadas en el anexo 1).

Una vez comentado, discutido y aclarado dudas sobre lo anterior, se formaron los equipos. Cada equipo elige uno de los siguientes grandes temas (que pertenecen a los bloques 6: materia y energía y, bloque 7: objetos, máquinas y tecnología del currículo de educación primaria), y que sirve de base para la elaboración de su secuencia de enseñanza-aprendizaje. La elección del equipo de este gran tema no estaba sujeta a un ciclo específico, posteriormente, cuando ellos realizan el análisis del currículo, toman la decisión del ciclo para el que quieren elaborar su secuencia y, por tanto, los contenidos específicos a trabajar y la profundidad de los mismos. Los grandes temas son:

- Materia y sus propiedades,
- Calor y temperatura,
- Electricidad y magnetismo,
- Sonido y fenómenos acústicos,
- Luz y fenómenos ópticos,
- Maquinas simples,
- Universo y tierra como cuerpo cósmico.

Así pues, cada equipo debe delimitar el problema general presentado, de acuerdo al tema elegido, durante todo el cuatrimestre profundizan en el mismo y trabajan en torno a él para desarrollar así su secuencia.

- *Sesión 4 (para abordar D-1.1a):*

Para ser coherentes con el modelo de acción que consideramos adecuado para desarrollar competencias en enseñanza de las ciencias (expuesto en el marco teórico), era necesario conocer previamente las ideas espontáneas de los futuros maestros(as) con respecto a: a) cómo se construye el conocimiento científico, b) sobre los contenidos a enseñar y, c) cómo enseñar dichos contenidos. Por ello, en esta sesión, nos parece

imprescindible implementar el primer cuestionario de ideas previas **C-1** (se puede ver al completo en la sección de instrumentos de recogida de información, p. 180)

Este cuestionario nos permite conocer sus ideas con respecto a cómo se construye el conocimiento científico, punto de partida importante cuando se busca una formación docente coherente, como se ha mostrado en varias investigaciones (Lederman, 1992, 2007; Furió, 1994, 1995; Abell y Smith, 1994; Lederman et al., 2001; Osborne et al., 2003; Fernández et al. 2005; Guisasola y Morentin, 2007; Hodson, 1992, 2008).

Recordamos que, como se ha mencionado más arriba, los detalles sobre el tipo de preguntas y los criterios de evaluación de éste y demás instrumentos presentados, se especificarán en el capítulo 3, de diseño metodológico de la investigación.

- *Sesión 5³⁷ (abordaje de D-1.2):*

Se realizará la actividad **A-1** que consiste en un seminario en torno a: ¿Qué son las competencias? ¿Por qué es importante enseñar a las niñas y niños por competencias actualmente? Siempre los seminarios tenían el propósito de que los estudiantes analizaran y cuestionaran qué enseñamos y por qué, más que el simple hecho de aplicar una normativa sin más (se pueden ver ejemplos de las diapositivas de trabajo de aula en el anexo 2).

Una vez se ha discutido de forma general los aspectos importantes de la enseñanza de las ciencias por competencias, planteamos **A-2**, una actividad de trabajo en equipos en la cual se pretende que discutan en torno a: ¿Cuáles son las competencias básicas en ciencia y tecnología para la educación primaria? Analizar el currículo de la Comunidad Valenciana en relación a los siguientes aspectos: a) cómo está organizado en general, b) qué objetivos presenta respecto a la educación científica y tecnológica, c) cómo están organizados los contenidos de ciencias.

- *Sesión 6 (continuación de D-1.2):*

Se continúa con d) dónde encaja el tema elegido para diseñar la secuencia de aprendizaje, a qué edades puede dirigirse, qué contenidos abarca, e) tomar la decisión sobre el ciclo en el que se desea trabajar y qué contenidos específicos seleccionar para la secuencia de aprendizaje.

37. Previo a esta sesión, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán leer, y preparar para el seminario, los documentos: a) *Recomendaciones del parlamento europeo y del consejo. Sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (PE, 2006)*, b) *la definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo (OCDE)*, c) echar un vistazo y familiarizarse con el *Currículo de Educación Primaria de la Comunidad Valenciana (DECRETO 111/2007)*, centrándose específicamente en el área de conocimiento del medio natural, social y cultural y los bloques 6 y 7. Todos los documentos de trabajo autónomo se encuentran a disposición del estudiante en el aula virtual durante todo el curso.

De acuerdo a esos contenidos elegidos se debe empezar a buscar, en diferentes fuentes (las que cada equipo considerara oportunas), actividades que les permitan trabajar con los niños(as) dichos contenidos. Se decide, en esta primera aproximación de la búsqueda de posibles actividades para su secuencia, dejarles actuar de forma autónoma, ya que con base en las actividades que buscaran y presentaran, podríamos detectar cuál es su idea sobre el tipo de actividades que trabajarían en el aula para enseñar ciencias: ¿son las típicas actividades de observación en las que el maestro hace algo y los estudiantes miran? ¿Buscan actividades que se enfocan en sorprender al niño(a) pero sin ningún objetivo de aprendizaje claro? ¿Son actividades en las que el niño participa, pero son tipo receta? ¿Son actividades encaminadas a desarrollar habilidades de científicas?

Los últimos 30' de la sesión 5, han de responder en folios a unas cuestiones respecto al contenido específico que han elegido. Este escrito, será nuestro instrumento **E-1a**, documento escrito de ideas previas (ver figura 9), ya que nos permite conocer las ideas espontáneas que los estudiantes universitarios tienen sobre algunos de los contenidos específicos a trabajar en el currículo de ciencias de Educación Primaria. Recordemos que no parten de cero, dado que en la Universidad de Valencia ven una asignatura anual obligatoria en su segundo curso (ciencias para maestros), en la que previsiblemente trabajan en torno a los contenidos de ciencias en educación primaria. Por ello nos parecía interesante conocer estas ideas previas.

Figura 9: Instrumento **E-1a** para identificar algunas ideas previas sobre el contenido a enseñar.

Equipo 1: Qué creéis que es el sonido? ¿Qué creéis que debe ocurrir para que se produzca un sonido y podamos oírlo?
Equipo 2: ¿Qué creéis que es el calor? ¿Qué creéis que es la temperatura? ¿Existe alguna relación entre estos dos términos?

- *Sesión 7³⁸ (Abordaje de D-1.3a) y Tutoría 1 (Abordaje de D-1.3b):*

Esta sesión y la tutoría 1 se constituyen en una actividad de Inter-regulación por equipos, guiada por las siguientes cuestiones: ¿Qué tenemos claro sobre esos contenidos científico? ¿Qué nos sigue generando dudas? ¿Por qué creéis que esos conceptos son importantes para el aprendizaje de los niños?

Con base en el material traído, queríamos conocer de qué fuentes se valen y cómo organizan las ideas encontradas para entender un contenido científico, si hacen esquemas, usan sus propias palabras en resúmenes o generan algún tipo de estructura

38. Previo a esta tutoría, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán consultar, en las fuentes que considerarán necesarias, las definiciones científicas de los conceptos científicos elegidos y llevar este material para el trabajo en la tutoría. El material se solicitará en forma de esquemas o resúmenes.

jerarquizada para intentar entender los mismos, de ahí que este material solicitado sea nuestro instrumento de ideas previas (**E-1b**), un instrumento interesante para entender cómo los maestros en formación preparan el contenido a enseñar y la profundidad que dan al mismo.

Las discusiones, debates y todo el trabajo realizado durante las tutorías se grabarán en sistema de audio (unas veces con grabadoras, otras veces con el móvil), para esta tutoría, la grabación (**G-1**) nos permitirá conocer los argumentos y discusiones generadas por los equipos y las ideas de los estudiantes con respecto al contenido científico a enseñar. Aclaramos que se mostrarán en detalle los resultados para los equipos de los 2 proyectos elegidos, en los capítulos 4 y 5. Al igual que con el cuestionario C-1, los criterios de valoración para estos instrumentos se explicarán en capítulo 3, de metodología de investigación.

- *Sesiones 8 y 9³⁹ (Abordaje de D-1.1b):*

En concordancia con nuestro marco teórico, una de las características importantes a trabajar con los futuros maestros, tenía relación con la necesidad de favorecer espacios de reflexión explícita, en el que los maestros(as) en formación pudieran discutir y analizar sus posibles visiones deformadas del conocimiento científico y la posible influencia de estas en su profesión, por ello, durante 2 sesiones realizamos la actividad **A-3**.

La actividad consiste inicialmente en un seminario donde se debate sobre las visiones deformadas de ciencia y posible influencia de las mismas en la enseñanza de las ciencias en el aula. A continuación, los estudiantes de magisterio realizan un análisis metacognitivo de sus propias visiones deformadas analizando las preguntas 1 y 10 de su propio cuestionario C-1 de ideas previas que rellenaron al inicio del curso. Dicho análisis metacognitivo queda registrado en el cuestionario C-2 que realiza cada estudiante (El cuestionario al completo se encuentra en la sección de instrumentos de recogida de información, figura 11, p. 184)

2.5.3.2 Desarrollo de las sesiones en la Fase 2

Una vez ya se han explorado y trabajado sus ideas espontáneas respecto a la actividad científica y el contenido científico a enseñar, es hora empezar a trabajar en torno a la importancia del conocimiento de los estudiantes, sus ideas y su entorno y, los tipos de

39. Previo a estas sesiones, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán leer y analizar el artículo: *¿Qué visiones de la ciencia y actividad científica tenemos y transmitimos?* (Fernández, Gil, Valdés, & Vilches, 2005).

metodologías que, según la investigación actual, pueden fomentar el desarrollo de competencias científicas en los niños y niñas. Se trabaja pues en D-2 y D-3.

Por ello, la sub-pregunta de investigación concreta, que pretende abordar es: ***¿El programa de formación propuesto servirá para iniciar su conocimiento didáctico del contenido? Y, en particular, ¿le ayudara superar ideas preconcebidas sobre cómo enseñar ciencias en primaria? ¿le ayudará a iniciarse en la indagación como modelo de aprendizaje?***

Las sesiones siguen así:

- *Sesión 10 y 11⁴⁰ (Abordaje de D-2.1):*

En estas sesiones se planteó la actividad **A-4**, un seminario titulado: Enfoques metodológicos de enseñanza y estrategias de aprendizaje Parte 1 (algunos ejemplos de diapositivas se pueden ver el anexo 3): ¿Por qué es importante conocer las ideas previas de los niños y niñas respecto al contenido a enseñar? ¿Qué relación tienen estas ideas con las estrategias de enseñanza? ¿Qué metodologías de enseñanza favorecen el desarrollo de competencias en los niños y niñas? Se discutió sobre la metodología tradicional (sus ventajas y desventajas), el aprendizaje por descubrimiento (ventajas y desventajas), la metodología de indagación (Percepción general que tienen los maestros en formación de la misma) y la importancia de las ideas previas para la realización de una secuencia de aprendizaje.

Al final de la sesión 10 dimos a cada equipo los artículos específicos, o secciones de libros, en donde podían encontrar fácilmente las ideas previas que podían tener las niñas y niños con respecto al tema elegido. Aclarar que decidimos hacer esto, ya que, por una parte, el volumen de trabajo de los estudiantes era amplio (por sus otras asignaturas y ésta misma) y, por otra parte, como bien sabemos, la búsqueda de artículos académicos puede tomar mucho tiempo si no se conocen bases de datos adecuadas, buscadores especializados, etc. No se pretendía agobiar a los maestros(as) en formación con esta tarea, y pese a que hubiese sido interesante poder enseñarles a buscar en bases especializadas, el poco número de sesiones totales para la asignatura no lo permitía, por ello les dimos el material seleccionado.

- *Tutoría 2:*

Se revisa con cada grupo los avances que llevan hasta el momento de la secuencia que han de diseñar, sus dudas respecto a lo trabajado en clase sobre ideas previas de los

40. Antes del seminario, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán leer y preparar los documentos: *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas.* (Campanario et al. 1999) y, *las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias* (Driver et al., 1989, págs. 19-31, 291-304).

niños y niñas sobre contenidos científicos. En esta tutoría se discute con cada grupo sobre la importancia del contexto del niño, de cara a facilitar su aprendizaje, en la sesión donde se trabajan las competencias se habla de ello, pero consideramos importante retomarlo con cada equipo para comprobar si lo están teniendo en cuenta en su planificación y cómo.

- *Sesión 12⁴¹ y 13⁴² (Abordaje de D-3.1):*

Continuando con la idea central planteada en el punto anterior, se propone la actividad (A-5), enfocada en la importancia de establecer unos objetivos de aprendizaje que permitan clarificar qué es exactamente lo que se quiere lograr que aprendan los niños y niñas y, por tanto, permita establecer una relación clara entre el contenido a abordar y qué estrategias podrían ser las mejores para facilitar que los niños y niñas aprendan los contenidos seleccionados. El taller se titula: Enfoques metodológicos de enseñanza y estrategias de aprendizaje Parte 2. El caso de Goofy y la competencia cívica. ¿Existe relación entre los objetivos de aprendizaje y las estrategias educativas (actividades) planteadas para el aula?

Es una actividad en la partiendo de un vídeo de Disney sobre las conductas incívicas al conducir se trabaja en clase después en torno a distinguir entre conductas antisociales y conductas cívicas (ver ejemplo de diapositivas en anexo 4). La idea fundamental es mostrarles a los estudiantes de magisterio cómo basándose en un contenido a enseñar, se debe plantear un objetivo de aprendizaje y a continuación elegir una o varias actividades de aprendizaje que permita alcanzar dicho objetivo, en lo posible, actividades de análisis crítico, que permitan al estudiante ir más allá de copiar y aprenderse unas frases puestas en la pizarra.

Como parte del marco teórico que hemos asumido, también se hacía necesario conocer cómo creen los maestros en formación que deberían enseñarse los contenidos que han elegido (previo a la fundamentación sobre el modelo de indagación). Por ello se realizó también A-6, una actividad de trabajo individual, en la que cada estudiante trabaja en torno a las siguientes cuestiones: ¿Cómo enseñar esos contenidos elegidos? ¿Qué estrategias utilizar? ¿Cómo y cuándo utilizarlas? Lo que se constituye en una primera aproximación de cada equipo, a modo de borrador general, de cómo harían la clase. Este borrador, es para nosotros el instrumento E-2 (ver figura 13, p. 189), y lo utilizamos para

41. Antes del seminario, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán leer y preparar el documento: *Qué relación existe entre los objetivos de aprendizaje, las estrategias educativas y las técnicas de evaluación* (Sánchez, 2011).

42. Previo a este trabajo, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán leer el documento: *características psicos evolutivas del alumnado de primaria* (MEC, Aulas de Verano, 2004, págs. 256-263) y traer las actividades que considerasen coherentes, interesantes o necesarias para trabajar con los niños (las cuales les habíamos pedido desde la sesión 4)

recoger datos en torno a la relación que plantean entre objetivos y posibles estrategias de aprendizaje para abordar cada tema. Los criterios a tener en cuenta para analizar y valorar E-2 se muestran en el capítulo 3.

- *Sesión 14⁴³ (Abordaje de D-3.2).*

Para esta sesión se trabajará **A-7**, seminario-taller titulado: Enfoques metodológicos de enseñanza y estrategias de aprendizaje Parte 3: ¿Por qué es importante actualmente la indagación como modelo de aprendizaje o investigación guiada? ¿Qué características puede tener para facilitar el aprendizaje de las ciencias? Se recapitulará en este punto los aspectos del diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje que ya se han trabajado: elegir un contenido, plantear unos objetivos de aprendizaje y tener en cuenta el contexto del estudiante y sus ideas previas respecto a dicho contenido.

Así pues, es la hora de plantearse, cómo lograr dichos objetivos. Por ello consideramos importante abrir un debate sobre la relevancia y justificación del uso del modelo, ya que, desde nuestro punto de vista, no tendríamos por qué obligar a un maestro en formación a utilizar una metodología de enseñanza, sino más bien, hacerles ver y analizar por qué es importante para facilitar el aprendizaje de las ciencias en los niños y niñas y, por consiguiente, por qué es importante (como futuros maestros) intentar trabajar la enseñanza de las ciencias por medio de este modelo.

Los estudiantes (en horas de trabajo autónomo) debían realizar **A-8**. Como es natural, una parte del trabajo en equipo había que desarrollarse fuera de las aulas, por ello dimos los siguientes ítems, como guía para sus reuniones de equipo llegados a este punto: ¿Qué ideas previas pueden tener los estudiantes respecto a los contenidos elegidos? ¿las hemos tenido en cuenta en ese primer esbozo realizado? ¿Cómo podemos partir de ellas para desarrollar la secuencia de aprendizaje? ¿Qué situación interesante o problema contextualizado podemos plantear para trabajar los contenidos?

- *Tutoría 3 (continúa trabajo sobre D-3.2):*

Una vez analizamos E-2 de cada equipo y también con base en A-8, en la tutoría 2 empezaremos otra serie de discusiones, reflexiones y análisis en torno a la estructura general que presentaría una secuencia de enseñanza basada en el aprendizaje por indagación y que permitirá que cada equipo (de acuerdo a su tema particular) trabajara el problema de la secuencia de enseñanza-aprendizaje a diseñar.

43. Previa a esta tutoría, los estudiantes de forma individual (en su tiempo de trabajo autónomo) deberán leer y preparar los documentos: *¿Cómo introducir la indagación en el aula?* (Caamaño, 2012), *L'ensenyament de la química, a la llum d'una espelma* Fuente especificada no válida., *La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras* (Márquez et al., 2004).

- *Sesiones 15 a 17 (abordaje 3.3):*

Con la intención de que los maestros en formación participaran (como lo haría una niña o niño) en una secuencia de aprendizaje basada en el modelo de indagación y así pudieran comprobar qué tipo de actividades suelen usarse, cuál es el papel del maestro(a), qué preguntas o cuestiones guían una actividad basada en la indagación, qué momentos o espacios de discusión, síntesis y retroalimentación son necesarios y así, pudieran analizar la estructura general que el modelo plantea, realizamos **A-9**⁴⁴, la actividad se tituló: ¿Flota o se Hunde? (ver anexo 5). Respecto a esta actividad, se recogieron, de forma escrita, las reflexiones y percepción del modelo de indagación (instrumento de obtención de datos **E-3**, ver figura 14, p.190).

- *Tutoría 4 (retomar D3.3 y abordaje de D3.4):*

Trabajo en equipo de inter-regulación en torno a las siguientes cuestiones: ¿Las actividades que estamos eligiendo permiten participar a los niños de forma activa (preguntar, reflexionar, debatir, concluir, etc.)? ¿tienen en cuenta sus posibles dificultades, en particular sus ideas previas, en torno al tema a tratar? ¿Las actividades prácticas elegidas permite a los niños hacer preguntas, generar hipótesis o relacionar, por lo menos, dos variables? ¿parten de un contexto, situación interesante o atractiva o de un problema que guía a todas ellas? y, realmente, ¿permiten abordar los objetivos estipulados? ¿Qué técnicas usaremos para evaluar el aprendizaje de los niños y niñas? Las discusiones y planteamientos trabajados en esta tutoría se grabaron en audio (**G-2**)

En síntesis, se verifican sus avances (respecto a la secuencia que están diseñando), reestructuraciones, dudas e inquietudes, es decir, los equipos van analizando su borrador de secuencia y las modificaciones que deben tener en cuenta. En esta tutoría, en especial, se realiza un trabajo intenso de reflexión en torno al activismo ingenuo (dado que en los análisis de E-2, se presenta con frecuencia) y la necesidad de la correlación objetivos-actividades de aprendizaje. Por otra parte, también se enfatiza en estructurar bien el problema o situación desconcertante que permitirá abordar los contenidos elegidos (en caso de que en la tutoría anterior no se hubiera logrado).

2.5.3.3 Desarrollo de las sesiones en la Fase 3

La fase 3 implica una pequeña reflexión en torno a la evaluación formativa y criterial, tutorías constantes para pulir detalles de las secuencias diseñadas y el proceso de valoración y reflexión final en torno al programa de formación en el cual los maestros y maestras en formación han participado. Con esta fase se trabaja en torno a D-4.

44. La secuencia trabajó en torno a la flotabilidad, características de los cuerpos que flotan y los medios, pero, sobre todo, la intención era que fuese un pretexto para trabajar la estructura general de una actividad basada en la indagación como modelo de aprendizaje, sus características, sus fases, etc. La secuencia y los objetivos perseguidos pueden verse en el anexo 4.

Las sesiones que se desarrollan de la siguiente manera:

- *Sesión 18 (Abordaje de D-3.4)*

Se realiza un seminario introductorio a la evaluación formativa y criterial. Se discute sobre la importancia de la variedad de instrumentos aplicados de acuerdo al tipo de actividades realizadas en clase, la autoevaluación y coevaluación como sistemas que permiten fomentar la autorregulación del aprendizaje y un sistema en el que la nota final no dependa de un examen escrito solo, en el que la mayoría de las veces no se puede valorar los objetivos realmente alcanzados y/o cómo se pudo haber favorecido el desarrollo de alguna competencia clave.

Sin embargo, aclarar que no se solicita a los estudiantes que en sus secuencias de aprendizaje propongan un sistema de evaluación, sería imposible que alcanzarán a realizarlo durante las pocas clases de este cuatrimestre y, además, no han visto en las didácticas anteriores nada respecto a la evaluación de los aprendizajes, este tema está planificado dentro de los contenidos de la Didáctica del cuarto curso. Pese a ello, dado que también es uno de los aspectos esenciales a tener en cuenta cuando se diseñan y planifican secuencias de aprendizaje, sobre todo si están enfocadas en el aprendizaje significativo, consideramos relevante hacer esta sesión de reflexión en torno la a misma, sus características y posibilidades.

- *Tutoría 5 (y otras más en caso de ser necesario):*

En este momento del curso, al menos, uno de los equipos ya tendrá casi lista la secuencia (nos ha pasado durante los dos cursos en que realizamos esta propuesta de formación), por ello esta tutoría no se realiza para todos los equipos, solo para los dos primeros equipos que consideramos ya están listos. Se da esta prioridad porque estos equipos son los que van a implementar su secuencia primeros, en la sesión 18 y 19. Los demás equipos irán teniendo las tutorías necesarias a medida que van implementado los equipos.

En las tutorías que se inician a partir de este punto, son tareas constantes en equipo donde se fueron, poco a poco, depurando las secuencias de aprendizaje planteadas por los equipos, para guiarles si aún no estaba del todo claro problema o situación contextualizada y la elaboración de un guion de pequeñas cuestiones que les ayudara a realizar su papel durante las actividades, de cara a su implementación. Como es natural, en la medida en que el equipo se implicara más en el modelo, esperábamos que la secuencia se hiciera más significativa y próxima a una auténtica indagación. En estos últimos casos, la colaboración por parte del tutor se limitó a colaborar puliendo pequeños detalles que podían ser de ayuda para el mejoramiento de la secuencia, o bien, sirviendo de mediador ante una situación en la que el equipo se viera atascado.

- *Sesiones 19 a 25 (implementación en la Universidad):*

Después de los últimos trabajos en equipo y tutorías, los equipos consiguieron terminar la secuencia de aprendizaje que habían diseñado con base en el modelo de indagación. Según los tiempos planificados, nos encontramos en el final del cuatrimestre y, los estudiantes deben entregarnos dichas secuencias, al completo, con todos los anexos necesarios, en formato PDF. Dicho documento se valora de acuerdo a una matriz de evaluación, que se constituye en nuestro instrumento de obtención de datos **C-3** (ver cuadro 10, p. 191).

A continuación, se implementan las secuencias de aprendizaje a sus propios compañeros de clase en la universidad (cada una en una sesión de clase), con el fin, por una parte, de que los maestros en formación (que podían implementar en las escuelas) probaran la posible eficacia de su secuencia antes de hacerlo con los niños y niñas, analizaran las fortalezas y debilidades para así corregir posibles fallos. Por otra parte, esta implementación en la universidad nos permite como investigadores valorar la puesta en escena de las secuencias diseñadas y detectar si los maestros(as) en formación lograrían trabajar en el aula usando el modelo de aprendizaje por indagación:

- Intentando evitar dar explicaciones anticipadamente y más bien permitiendo, por medio de cuestiones, generar discusiones que guíen el desarrollo de las actividades, utilizar pequeñas preguntas para guiar a sus compañeros y conocer sus ideas (y posteriormente a los niños).
- Siendo asertivos a la hora de mediar las discusiones de sus compañeros en torno a una actividad y por tanto permitiendo su participación activa (generar hipótesis, sintetizar, discutir dudas, experimentar, concluir a partir de la evidencia, etc.)
- valorando si intentan o no, salir al paso de caer en algunas visiones deformadas de la ciencia y,
- mostrando claridad en cuanto a los contenidos científicos trabajados. Es decir, valoraríamos si en su conjunto se ha logrado dar un primer paso en el camino hacia el desarrollo de su competencia docente en enseñanza ciencias.

Estas sesiones de implementación (en el aula universitaria), se grabaron en vídeo (**G-3**) y junto con C-3 nos aportan datos para evaluar las secuencias diseñadas.

- *Jornada en los colegios ((implementación en los colegios):*

Después de la implementación de las secuencias en la universidad, se implementaron las secuencias (de los dos proyectos mencionados al inicio del capítulo), en clases a los niños y niñas en las escuelas, dichas implementaciones también fueron grabadas (**G-4**). En los

capítulos 4 y 5 se profundizará respecto a dicha implementación: caracterización general de los niños y niñas con los cuales se desarrolló la secuencia, se mostrarán las secuencias desarrolladas por cada equipo, la forma en que se implementó y los resultados obtenidos a partir de dicha implementación.

Aclarar que para estos dos proyectos en especial y, dado que los estudiantes universitarios han actuado como maestros al desarrollar la secuencia con los niños y niñas, queríamos valorar si se ha visto favorecida su competencia docente en enseñanza ciencias en un contexto real, como lo son las aulas de los colegios y después del trabajo realizado durante todo el cuatrimestre, por ello, a parte del instrumento C-3, hemos desarrollado una matriz de observación-valoración (**C-4**) que nos permite evaluar su actuación como maestros y maestras (ver cuadro 11 en p. 193). Al igual que con C-3, esta matriz nos permite evaluar la puesta en escena de las secuencias diseñadas y detectar si los maestros(as) en formación lograrían trabajar en el aula usando el modelo de aprendizaje por indagación.

- *Sesión 26+1 (correspondiente al día en semana de exámenes):*

Finalmente, como parte del proceso de evaluación y reflexión final de los maestros y maestras en formación, se realiza, de forma escrita e individual un cuestionario final, cuestionario **C-6** (Ver al completo en sección de instrumentos de recogida de información, p, 199) que consta de 14 preguntas. En dicho cuestionario se registran los conocimientos adquiridos y las reflexiones de los maestros en formación, después del proceso vivenciado, sobre su aprendizaje respecto a:

- ¿ha mejorado su comprensión de los contenidos específicos trabajados?
- ¿ha superado en buen grado algunas de las visiones distorsionadas de la ciencia? Y ¿realiza un análisis crítico respecto su presencia en actividades de aula, actividades de libros de texto, etc.?
- ¿Qué conocimientos tienen los futuros maestros sobre la indagación (como modelo de aprendizaje de las ciencias)?
- ¿Qué actitudes, favorables o desfavorables tienen hacia el uso del modelo?
- ¿Argumentan si el programa de formación en el que han participado ha influido positivamente en su formación?

CAPÍTULO 3

FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se justificará y detallará el diseño experimental seguido en esta investigación. Los apartados siguientes se organizarán de la siguiente manera: en el apartado (3.2) se mostrará una breve fundamentación teórica sobre la investigación cualitativa y el enfoque dado en esta investigación. En el apartado (3.3) se plantearán las hipótesis de la investigación en relación con los instrumentos que se utilizarán para cuestionar las mismas.

En el apartado (3.4) se caracterizará a la muestra de estudiantes universitarios que participaron en la investigación y se describirán y explicarán con detalle los instrumentos que hemos considerado necesarios para recoger datos, los cuales centran la atención en: a) cuestionarios de respuestas abiertas para detectar ideas previas con respecto a las visiones deformadas de la ciencia y trabajo científico y, con respecto a cómo enseñar ciencias b) rúbrica de evaluación de las secuencias de aprendizaje basadas en el modelo de indagación diseñadas por los maestros en formación c) cuestionario final de respuesta abierta (implementado después de haber terminado el programa de formación) para detectar el cambio o no, de visiones deformadas de ciencia, d) cuestionario final de reflexión para detectar la percepción (favorable o desfavorable) del futuro maestro sobre el uso de la Indagación el programa de formación en el que participaron.

3.2 MARCO TEÓRICO DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL EMPLEADO HABITUALMENTE EN UNA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

La realidad educativa es construida socialmente por los individuos que participan en la misma. Los eventos y situaciones que ocurren en dicha realidad son múltiples y complejos. Para la investigación educativa este paradigma de complejidad implica tener en cuenta las relaciones que se establecen entre los miembros de una comunidad educativa (estudiantes y profesores) y el contexto socio-histórico en que se desarrolla el aprendizaje. A menudo, en la investigación educativa se hace hincapié en los métodos cualitativos, aunque también se pueden utilizar métodos cuantitativos (Shaughnessy, 2007). Así, en una misma investigación, se pueden reunir y cuantificar datos generales a partir de encuestas o tests (aplicadas a grandes grupos) por medios cuantitativos y estadísticos.

Pero también se pueden realizar entrevistas o estudios de casos (a pequeños grupos de estudiantes o profesores) para profundizar en por qué, los participantes, responden a las preguntas de las encuestas o tests de la forma en que lo hacen. Los estudios de caso y entrevistas, a menudo revelan líneas de pensamiento que, con frecuencia, se pierden en los datos mostrados únicamente a partir del uso de encuestas o test generales. Estas líneas de pensamiento son de gran importancia, ya que da cuenta de los valores, suposiciones, creencias y conocimientos de los participantes de la investigación (objeto de estudio) y, deberían recopilarse a medida que los participantes interactúan en grupos pequeños, durante las discusiones de toda la clase, cuando interactúan con el profesor o trabajan individualmente (Cresswell, 2008).

Otra característica de la investigación cualitativa es que los datos pueden ser analizados usando un enfoque abierto. Cohen et al. (2011) explican que bajo esta perspectiva los datos pueden ser analizados con respecto a las preguntas de investigación y las hipótesis planteadas por el investigador, así como también por los hechos de lo que está ocurriendo y que puede provenir de los datos en sí, es decir, de lo que sucede dentro de la misma dinámica de aula o entorno educativo a investigar. Los autores llaman a esto, un enfoque teórico situado; el análisis de los datos desde esta perspectiva se puede hacer mediante un enfoque comparativo constante, donde se busca descubrir aspectos clave y recurrentes que puedan surgir de los datos y que no habían sido contemplados inicialmente por el investigador. Estos aspectos, se pueden entonces utilizar para encontrar, clasificar, comparar o enriquecer los criterios iniciales y mejorar así la investigación.

Así pues, este trabajo de investigación se enmarca en el paradigma interpretativo de la investigación educativa (Cohen et al., 2011) ya que trata, en particular, de la búsqueda de un método formativo en la preparación del futuro maestro que contribuya de forma más efectiva en la mejora de la educación científica. Como es bien sabido, uno de los factores importantes que influyen en la educación científica es la competencia docente adquirida en su iniciación y, después, en su desarrollo profesional. En este sentido el maestro no solo ha de tener un buen conocimiento científico de lo que ha de enseñar, sino que también ha de ir, según la investigación, construyendo un buen *conocimiento didáctico del contenido (CDC)*, (Shulman, 1986, 1987, 1989; Grossman, 1989, 1990; Abell, 2007).

De ahí que se plantee en esta investigación un enfoque de investigación-acción en el aula de Didáctica de las Ciencias que contemple la participación activa de los futuros maestros y maestras en el diseño de secuencias de aprendizaje basado en un enfoque de enseñanza-aprendizaje como la indagación. La importancia de la investigación-acción para esta investigación, radica en que, desde esta perspectiva, la finalidad esencial de la investigación no es la acumulación de conocimientos sobre la enseñanza o la comprensión de la realidad educativa, sino, fundamentalmente, aportar información que guíe la toma de decisiones y los procesos de cambio para la mejora de la misma.

Justamente, el objetivo prioritario de la investigación-acción consiste más en mejorar la habilidad práctica del docente que en generar conocimientos teóricos; así, la producción y utilización del conocimiento se subordina a este objetivo fundamental y está condicionado por él (Elliott, 1993a). Como expresan Kemmis y McTaggart (1988) *“Es una forma de investigación autorreflexiva que emprenden los participantes en situaciones sociales en orden a mejorar sus propias prácticas, el entendimiento de las mismas y las situaciones dentro de las cuales ellas tienen lugar”* Así mismo, se caracteriza por rasgos claves como son: implica la transformación y mejora de una realidad educativa y/o social, parte de problemas prácticos, implica participación activa y reflexión sistemática en la acción, se realiza por las personas implicadas en la práctica que se investiga, el elemento “formación” es esencial y fundamental en el proceso de investigación-acción (Bartolomé, 1992).

Como indicamos en nuestro objetivo general, lo que perseguimos es posibilitar que las clases de didáctica de las ciencias sean entornos que permitan al futuro maestro(a) la praxis o vivencia de un aprendizaje situado o contextualizado⁴⁵ que le permita analizar,

45. Justificamos extensamente en el marco teórico que el aprendizaje, desde esta perspectiva, es visto como un proceso de enculturación o participación en prácticas socialmente organizadas, a través de las cuales ciertas habilidades especializadas podrían ser desarrolladas por los aprendices mientras participan activamente en un proceso de aprendizaje guiados por un tutor o mediador del proceso.

criticar, trabajar en equipo para lograr un objetivo común⁴⁶ y tomar decisiones respecto a la preparación de su futura práctica docente para que así se favorezca un desarrollo inicial de su competencia docente en ciencias. Así pues, será necesario que en el aula de Didáctica de las Ciencias se agrupe a los estudiantes en pequeños equipos (máximo 4 estudiantes), como si fueran investigadores en la acción, que diseñan una secuencia de aprendizaje de un tema concreto⁴⁷ que han de enseñar en la escuela, por supuesto, tutelados por el docente universitario, que adquiere un compromiso que va más allá de la exposición de temas, por ello lo consideramos un agente imprescindible del proceso, y por ello, tiene el papel de guía, tutor, mediador y facilitador de este proceso. Por tanto, se tendrá que introducir el enfoque didáctico de la indagación como modelo de aprendizaje.

Hemos priorizado la indagación como modelo de aprendizaje porque según la evidencia mostrada en amplia bibliografía (Metz, 1995, 1997, 2004, 2008; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2012; Schwarz y Gwekwerere, 2007; Duschl et al., 2007; Schwarz et al., 2009; Minner et al., 2010; de Pro Bueno, 2011, 2014; Harlen, 2013; Romero Ariza, 2017) es un modelo que ha mostrado buenos resultados para el desarrollo de competencias científicas no solo en niños(as) sino también en alumnos(as) de edades superiores. Respecto a los aspectos principales que hemos seleccionado para el trabajo de los equipos de estudiantes a la hora de desarrollar el diseño de la secuencia de enseñanza, se derivan de lo que indica la investigación educativa como “*conocimiento didáctico del contenido*” según Shulman (1986, 1987, 1989), Grossman (1989, 1990) y Abell (2007).

Los principales aspectos del CDC a trabajar en la enseñanza de cualquier tema serán, entre otros: a) análisis y reflexión de las ideas espontáneas de los maestros(as) en formación respecto a la naturaleza de la actividad científica. b) análisis y reflexión sobre el conocimiento que se tiene respecto a los contenidos científicos que se imparten en el currículo de ciencias de primaria; c) la selección de contenidos a enseñar y forma de organizarlos en un hilo conductor en forma de programa de actividades; b) objetivos principales del conocimiento a enseñar; d) análisis de las preconcepciones que pueden tener tanto los maestros en formación como los niños y niñas.

e) modelización de la enseñanza en forma de clases donde los niños distribuidos en pequeños grupos han de colaborar en la solución de un programa de actividades aportado

46. También se explica en el marco teórico la enseñanza basada en trabajo cooperativo como forma de comprometer a los estudiantes con su propio aprendizaje, así como también favorecer el desarrollo de actitudes hacia el trabajo colaborativo, la responsabilidad, capacidad de crítica respecto al propio trabajo desarrollado, desarrollar habilidades de indagación (como preguntar, generar hipótesis, plantear una metodología para alcanzar un objetivo, etc.), así como también, contribuir a la comunicación interpersonal, puesto que ha de contrastar las propias opiniones y puntos de vista con otros, y hacerse responsable de ellas.

47. Los temas elegidos por los equipos de trabajo se especificaron en el apartado 2.5.2.5. Sin embargo, sí que es importante dejar claro que cada equipo elige un tema diferente, por tanto, cada equipo construye una secuencia de aprendizaje diferente en cuanto a contenido de ciencias del Currículo de Educación Primaria.

por el maestro y cuyo enfoque didáctico ha de incluir estrategias de aprendizaje para implicar a los niños en la indagación (como, por ejemplo, plantear cuestiones de la vida cotidiana a resolver mediante introducción de conceptos y cuestionamiento de las soluciones ideadas mediante evidencias empíricas); f) redacción de la secuencia de actividades y g) su implementación, si es posible, en el aula escolar durante el período del *practicum* del futuro maestro y evaluación del aprendizaje logrado por los niños.

Resumiendo, esta investigación en la acción está centrada principalmente en el estudio de 7 casos (de estudiantes universitarios que formaban parte de 2 grupos en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales del 3º curso de Magisterio de la U.V). Y, por ello el diseño experimental que se va a utilizar, principalmente, consistirá en estudios de caso que se aplicarán a cada uno de los 7 estudiantes de Magisterio. En estos estudios de caso se utilizarán, principalmente, cuestionarios y grabaciones de sus reflexiones para ver al impacto logrado en la mejora, o no, de los diferentes tipos de conocimiento en el CDC de cada uno de los futuros maestros y maestras que pudieron implementar una secuencia de actividades, diseñada por ellos, en clases de 3º y 6º de dos Centros de Educación Primaria en Valencia.

3.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La fundamentación de la hipótesis general de la investigación se ha realizado *in extenso* en el capítulo 2º y, en particular, en los apartados 2.4 y 2.5 donde justificamos la necesidad de que mejore la formación de los futuros maestros y maestras que han de enseñar las Ciencias en la Educación Primaria. Allí se ha fundamentado que dicha mejora es posible si se tienen en cuenta los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Y, en particular, si en aquella formación inicial se inicia experimentalmente a los estudiantes en la praxis de una metodología innovadora como es, en nuestro caso, el modelo de aprendizaje como indagación.

En esta fundamentación se ha supuesto como hipótesis general que la puesta a punto de esta nueva propuesta curricular en la formación del futuro maestro empezará a desarrollar su conocimiento didáctico del contenido (CDC) y que, por tanto, mejorarán sus conocimientos científico y didáctico relativos a la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias en la Educación Primaria. A partir de este supuesto, de esta hipótesis general hemos derivado dos hipótesis relativas a los tipos de conocimientos que suponemos habrán mejorado después de aplicar la nueva propuesta curricular en la asignatura Didáctica de

las Ciencias Experimentales a grupos de estudiantes de 3º de Magisterio de la Universitat de València. Así pues, se proponen las siguientes hipótesis⁴⁸:

H1: El programa de formación propuesto en la clase de Didáctica de las Ciencias contribuirá a que los maestros en formación mejoren su conocimiento científico superando, por una parte, ideas preconcebidas sobre los conceptos y, por otra, saliendo al paso de visiones deformadas sobre la actividad científica.

Para cuestionar esta hipótesis, se utilizaron, por una parte, un cuestionario pretest C-1, al inicio del curso, validados en otras investigaciones (Fernández et al., 2005; Guisasola y Morentin, 2007), para reconocer las ideas espontáneas que tienen los estudiantes con respecto a NdC. Por otra parte, para identificar las ideas previas respecto el contenido científico a trabajar, se utilizaron distintos documentos escritos (E1a, E1b) de respuesta abierta y las observaciones directas de las discusiones durante las tutorías (video y audios G1).

Finalmente, para identificar la evolución (mejoramiento o persistencia) de sus ideas (respecto a NdC y contenido científico), después de haber participado en el programa de formación, se utilizaron dos cuestionarios: un cuestionario de auto-análisis sobre las propias visiones deformadas de la actividad científica que habían sido identificadas inicialmente (C-2) y las preguntas 1 y 5 a 8 del cuestionario final (C-6).

El análisis de los resultados se realizará siguiendo las recomendaciones de Miles y Huberman (1994) citadas por Cohen et al. (2007) y Ryan y Bernard (2000) para analizar datos cualitativos, en concreto hemos utilizado tres estrategias: 1) Codificar la frecuencia con que aparecían determinadas ideas; 2) anotar patrones que puedan proceder de explicaciones causales o de determinadas preconcepciones, y 3) agrupar en categorías y subcategorías los principales resultados obtenidos.

Las evidencias se han examinado por separado, por tres miembros del equipo de investigación y, en caso de desacuerdo en la categorización se recurrirá al análisis conjunto de la evidencia (cuestionario rellenado por el estudiante o ideas manifestadas en las discusiones grupales y/o tutorías) para, de nuevo, categorizar según el acuerdo de los pares.

48. Todos los cuestionarios e instrumentos de obtención de datos que se mencionarán en las hipótesis, así como sus criterios de clasificación y evaluación, se explicarán detalladamente en los apartados que siguen.

H2: El programa de formación permitirá a los maestros en formación diseñar de forma cooperativa una secuencia de aprendizaje (de un tema de ciencias del Currículo de Primaria) basada en el modelo de aprendizaje como indagación y, posteriormente, realizar un análisis crítico-constructivo de todo el proceso vivenciado de cara a la influencia en su CDC.

A título de ejemplo se cita que los propios estudiantes superen enfoques didácticos ingenuos donde se considera que “la observación del fenómeno ha de ser el primer paso para que los niños construyan el significado de conceptos teóricos” (argumento utilizado en la década de 1970-80 por los defensores del aprendizaje como descubrimiento).

Así mismo: a) evitando dar explicaciones anticipadamente a los alumnos y, más bien, permitiendo, por medio de cuestiones, generar discusiones que guíen el desarrollo de las actividades; b) siendo asertivos a la hora de mediar en las discusiones de los niños y niñas en las actividades y, por tanto, permitiendo su participación activa para generar preguntas, ideas a modo de hipótesis, discutir dudas, experimentar para poner a prueba sus ideas, concluir a partir de la evidencia, sintetizar, etc. y, c) valorar si intentan o no salir al paso de algunas visiones deformadas de la ciencia.

Para cuestionar esta hipótesis, se utiliza, a mediados del curso, el instrumento E-2, para reconocer las ideas espontáneas que tienen los estudiantes con respecto a cómo enseñar un contenido, así como la relación que establecen entre objetivos y estrategias de aprendizaje. También se utilizaron el documento escrito (E-3) donde se recogen las reflexiones y análisis de la indagación como modelo de aprendizaje (después de haber debatido y vivenciado la indagación como modelo de aprendizaje) y, observaciones directas de las discusiones durante las tutorías (audios G-2).

Al final del curso, para conocer la evolución, mejora o permanencia de sus ideas (respecto a cómo enseñar y el uso de metodologías innovadoras como la indagación), se utilizan, por una parte, los datos obtenidos a partir del análisis de los instrumentos C-3 y C-4 (matrices de valoración para las secuencias de enseñanza realizadas por cada equipo y su implementación) y las observaciones directas de las implementaciones de las secuencias (videos G-3) en la universidad. El análisis de datos se realiza de acuerdo a las estrategias mencionada en H1.

Por otra parte, se analizan las preguntas 2-4 y 9-11 sobre la percepción (favorable o desfavorable) que puede tener el futuro maestro(a) respecto al uso de metodologías innovadoras en el aula, como lo es el aprendizaje basado en la indagación, y el PF en el que participaron. Finalmente, se tiene en cuenta el cuestionario C-5 (cuestionario que

rellenan los niños y niñas) y grabación de videos (G-4). Dado que el cómo se implementan las secuencias en los colegios y los logros alcanzados por los niños nos sirven para valorar cómo los conocimientos adquiridos por los futuros maestros son puestos en práctica y, por tanto, nos dejan ver si se ha visto favorecido el desarrollo inicial de su competencia docente.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUIDO EN LA IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE MODELO DE FORMACIÓN PARA LA CLASE DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

3.4.1 Caracterización de los estudiantes que participaron en la investigación

Para la investigación se trabajó con 7 estudiantes de magisterio de tercer curso (año lectivo 2012-2013), que asistieron a la asignatura de *Didáctica de las ciencias: Materia, energía y máquinas* (de carácter cuatrimestral y obligatoria, con una carga de 48 h presenciales de clase y 64h de trabajo autónomo) en la Universitat de València. Cuando los estudiantes llegan a esta asignatura, ya han cursado previamente, durante el primer año, una asignatura (cuatrimestral y obligatoria) denominada: Didáctica General y, durante el segundo, una asignatura (anual y obligatoria) denominada: Ciencia para Maestros en donde, preceptivamente se trabajan los temas de ciencias que están contemplados en el currículo de primaria.

Como antecedentes de formación en ciencias de los estudiantes, encontramos que sólo una estudiante tiene alguna formación previa relacionada con las ciencias experimentales, ha estudiado dos cursos de una ingeniería y venía del bachillerato científico. El resto de estudiantes tienen los conocimientos científicos que suelen verse hasta 3 ESO (dado que al iniciar 4 ESO se ha de elegir una línea de letras, ciencias o artes) y provienen de las líneas de bachillerato de letras y humanidades. También es interesante destacar que, de estos estudiantes, ninguno ha elegido la especialidad en ciencias y matemáticas (disponible en el plan de estudios de la Universitat de València únicamente). Uno ha elegido la especialidad de educación física, otra ha elegido artes y humanidades y el resto educación musical.

Los estudiantes están agrupados durante todo el curso en equipos (uno de 4 y otro de 3 estudiantes universitarios) que lograron implementar en los colegios durante su prácticum

II. Esta implementación fue posible gracias a que los miembros de estos equipos insistieron en desarrollar las mismas en sus colegios de práctica y, evidentemente, gracias a la colaboración de las/los maestras/os titulares de los colegios, que permitieron dichas implementaciones, pese a que el plan de estudios de las prácticas docentes para los estudiantes de magisterio en su tercer curso, no contempla, en absoluto, la intervención en el aula. Así mismo, gracias a los padres y madres de los niños y niñas que firmaron las autorizaciones pertinentes, como prescribe la ley, para poder grabarles y tomar fotos.

Los resultados de los dos equipos, cuyas secuencias de enseñanza pudieron implementarse respectivamente a niños y niñas de 6º y 3º curso de Primaria, en 3 escuelas de la Comunidad Valenciana, se presentarán, detallarán y analizarán en los capítulos 4 y 5. A partir de estas implementaciones, se han podido obtener los primeros datos que nos permiten valorar tanto los logros alcanzados por los maestros en formación de estos equipos (en términos de su percepción favorable o no sobre el programa de formación en el que participaron y el uso de metodologías innovadoras en el aula), como la posible efectividad de las secuencias realizadas sobre el propio aprendizaje de los niños y niñas.

3.4.2 Descripción de los instrumentos de recogida de información utilizados y sus criterios de evaluación

3.4.2.1 Cuestionario (C-1): de ideas previas sobre la naturaleza de la actividad científica

Este cuestionario nos permite conocer sus ideas espontáneas con respecto a NdC, punto de partida importante cuando se busca una formación docente coherente, como se ha mostrado en varias investigaciones (Abell y Smith, 1994; Lederman et al., 2001; Osborne et al., 2003; Guisasola y Morentin, 2007). El cuestionario consiste en una serie de 10 preguntas tanto abiertas como cerradas (tipo Likert) que provienen de los instrumentos implementados por Guisasola y Morentin (2007) y por Fernández et al. (2005) sobre las ideas y visiones deformadas de la naturaleza de la ciencia y que podemos transmitir los docentes.


Figura 10: Cuestionario C-1 para conocer las ideas de los estudiantes de magisterio respecto al conocimiento y actividad científica

¿Qué ideas sobre el conocimiento científico y trabajo científico tenemos los futuros maestros y maestras de Educación Primaria?

Preguntas fuente: Guisasola y Moretín (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, Nº 2, 246-262. Fernández et al. (2005). Capítulo 2: ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? Libro: ¿Cómo promover le interés por la cultura científica? Pág. 29-62.

APELLIDOS Y NOMBRE _____ **FECHA:** _____

1. Un grupo de maestras y maestros de primaria han seleccionado el siguiente dibujo como imagen representativa del trabajo científico



¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? Sí _____ No _____

¿Por qué?

2. Supongamos que tú quieres INVESTIGAR el tiempo que tarda el ritmo cardíaco en volver a la normalidad, después de hacer ejercicios. ¿Qué materiales usarías y qué procedimientos seguirías? (pregunta tomada de TIMMS)

3. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias.

Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

A. observación
B. hipótesis
C. generalización
D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

4. lee el siguiente texto y contesta a las preguntas:

Ya en el siglo XI, tanto en India como en China los médicos manipulaban el sistema inmunitario. Al soplar polvo de costras de un enfermo de viruela en los orificios nasales de sus pacientes, a menudo podían provocar una enfermedad leve que evitaba posteriormente un contagio más grave.

Tanto este tratamiento como otros métodos fueron difundidos y modificados en todo Oriente. De hecho, cuando Mary Montagu viajó a Turquía en 1717 se dio cuenta que mientras en Europa la viruela era una enfermedad terrible y letal, en Oriente solía ser una enfermedad leve porque allí se empleaba un método que consistía en arañar la piel de una persona joven y sana e infectar dicha herida con el pus de un enfermo leve de viruela. La persona enfermaba, pero en la mayoría de los casos sólo de forma leve.

Montagu estaba tan convencida de la seguridad de esas inoculaciones que durante su estancia en Turquía pidió que inocularan a uno de sus hijos y, cuando regresó a Inglaterra, decidió demostrar la eficacia de este tratamiento.

Para ello, consiguió que un prestigioso médico inoculara a su segundo hijo bajo la atenta observación de varios miembros de la Real Sociedad de Medicina de Londres.

A pesar de demostrar la eficacia del método en sus dos hijos, así como de informar sobre los buenos resultados en Turquía, Montangu no logró la adecuada difusión del tratamiento en el Reino Unido ya que encontró la oposición del clero y de los médicos.

4.1. ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

4.2. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

5. ¿Qué crees que es un experimento? Y en particular, ¿cuál crees que es su papel principal para el trabajo científico?

6. El conocimiento científico, ¿necesita la realización de experimentos para desarrollarse?

- Si la respuesta es Sí, explica por qué. Pon un ejemplo para defender tu postura.

- Si la respuesta es No, explica por qué. Pon un ejemplo para defender tu postura.

7. El texto que tienes a continuación explica el proceso de calentamiento de un gas de acuerdo con la teoría atómico-molecular. Tu tarea consiste en diferenciar entre los fenómenos reales y las explicaciones teóricas que se describen. Para ello, tienes que colocar las palabras que están en **negrita** en los cuadros:

"Al **calentar** un globo inflado, aumenta el **volumen del gas**, debido a que la **velocidad de las partículas** que conforman el gas aumenta al subir la **temperatura de éste**, y de este modo, la **distancia entre las partículas** aumenta; por otra parte, al aumentar la velocidad de las partículas **éstas chocan** con más frecuencia contra las paredes del globo, y la **presión del gas** también es mayor"

Fenómenos reales	Explicaciones teóricas que se describen

Explica tu clasificación:

8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representalo ayudándote del esquema que está a continuación y **justifica la gráfica realizada**.



9. Después de desarrollarse una teoría científica (por ejemplo, la teoría atómica, la teoría de la mecánica, la teoría de la evolución) ¿vuelve a cambiar alguna vez? Si opinas que la teoría **SI** cambia, explica por qué y da un ejemplo. Si opinas que la teoría **NO** cambia, explica por qué y da un ejemplo.

10. A continuación, se proponen unas ideas sobre el trabajo científico. Marca con una (X) si estas de acuerdo o en desacuerdo con la idea. **Justifica tus respuestas**.

	De acuerdo	En desacuerdo
I. El trabajo científico se desarrolla individualmente.		
II. La ciencia es más para los varones que para las mujeres.		
III. Hacer ciencia es una actividad reservada para genios (mentes privilegiadas)		
IV. La mayoría de los descubrimientos científicos son consecuencia de la casualidad o una idea genial que ha surgido de repente.		
V. Quien se dedique al trabajo científico y/o tecnológico suele ser una persona rara, despistada, ajena a la sociedad y que vive en su mundo.		
VI. El método científico es básicamente experimental y consiste en un conjunto de actividades que hay que seguir en un orden determinado.		
VII. El desarrollo científico no tiene nada que ver con creencias, actitudes ante la vida, intereses económicos, políticos, etc.		
VIII. La ciencia se basa únicamente en los hechos. La imaginación, la creatividad y la duda son buenas para los artistas, pero no para científicas y científicos.		
IX. El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.		
X. La tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos.		
XI. Gran parte de la ciencia comparte con la tecnología el objetivo de resolver problemas y necesidades humanas		
XII. Tanto en tecnología como en ciencia se construyen conocimientos.		

Dado que las preguntas provienen de instrumentos ya validados, no fue necesario, previo a la implementación del test, validar el instrumento con pares externos. Sí que hemos validado la claridad y legibilidad de las preguntas mediante un sondeo a un pequeño grupo de estudiantes de magisterio de tercer curso, de otra clase que no participó en la investigación.

Los criterios de evaluación que hemos utilizado para agrupar, clasificar y valorar las respuestas de los futuros maestros(as) se basan en la contrastación con respecto a las ideas adecuadas que se deberían tener sobre la ciencia y el trabajo científico (ver cuadro 7), que es una adaptación del original realizado por Guisasola y Morentin (2007, pág. 249) basado en los trabajos de investigación de varios autores que también han mostrado resultados sobre estos aspectos (Lederman, 1992, 2007; Lederman et al., 2001; Osborne et al., 2003; Hodson, 1992, 2008; AAAS, 2013).

Cuadro 5: Ideas deseables de NdC para valorar las ideas previas de los estudiantes de magisterio.

CRITERIOS A EVALUAR	PREGUNTAS DE C-1 QUE ABORDAN DICHS CRITERIOS
i. Papel de la ciencia y actividad científica	1 Y 10
i.1 <i>usa una metodología propia y la evidencia empírica juega un papel importante ya que diferencia la ciencia de otras "formas de conocimiento". Sin embargo,</i>	
i.2 <i>la ciencia está inmersa en un contexto socio-cultural y, por tanto, está influenciada por los valores sociales y culturales, por la subjetividad personal y por las conclusiones de una comunidad.</i>	
i.3 <i>La ciencia, además, es una actividad que implica creatividad e imaginación, así como otras muchas actividades humanas.</i>	
ii. Metodología de la ciencia	2 a 7
ii.1 <i>La ciencia usa la evidencia empírica para cuestionar las ideas,</i>	
ii.2 <i>pero el conocimiento científico no surge simplemente de los datos sino a través de un proceso de interpretación y construcción de teorías.</i>	
ii.3 <i>Hay una distinción clara entre los datos experimentales y las explicaciones.</i>	
ii.4 <i>Los científicos desarrollan hipótesis y predicciones sobre los fenómenos naturales, las cuales son cuestionadas empíricamente siguiendo una metodología.</i>	
ii.5 <i>La ciencia usa una gran variedad de métodos y no hay un único método científico.</i>	
iii. Desarrollo del conocimiento científico	8 y 9
iii.1 <i>El trabajo de un científico supone un proceso continuo de hacer preguntas y buscar respuestas que conducen a nuevas preguntas. Por tanto, el conocimiento científico es tentativo (sujeto a cambios).</i>	
iii.2 <i>El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede ser modificado en el futuro, debido a nuevas interpretaciones de las evidencias o a nuevas evidencias.</i>	

De la mayoría de cuestiones planteadas en el instrumento, también se obtiene información sobre las posibles visiones deformadas de la actividad científica que pueden tener, o haber superado, los futuros maestros, por ello, las preguntas 1, 5, 6 y 8 a 10 también nos sirven para valorar si se presentan o no dichas visiones. La pregunta 1 tiene como finalidad ver, en general, cuáles son las visiones deformadas de la ciencia que detectan

en el dibujo. De hecho, esta pregunta se basa en un planteamiento realizado por Fernández et al. (2005), y por ello utilizaremos los mismos criterios de valoración para contrastar las respuestas de los estudiantes universitarios, en el siguiente cuadro se detallan los mismos:

Cuadro 6: Posibles visiones deformadas de la ciencia que pueden tener, o haber superado, los maestros en formación. Tomado de Fernández et al. (2005, pág. 44)

CRITERIOS A EVALUAR	OTRAS PREGUNTAS DE C-1 QUE TAMBIÉN ABORDAN DICHS CRITERIOS
este dibujo “típico” incide claramente en las siguientes visiones deformadas:	
1. Individualista y elitista (representa un único investigador, varón, de edad avanzada).	ítems I, II, III y V de la pregunta 10
2. Descontextualizada (no se dice nada acerca del posible interés y relevancia de la investigación, sus posibles repercusiones y el lugar de trabajo parece una auténtica torre de marfil absolutamente aislada, ni siquiera se dibuja una ventana).	ítems VII, X de la pregunta 10
3. Aproblemática y ateórica (no se indica que se esté investigando algún problema y que toda investigación parte de un cuerpo teórico)	ítems VII, XII de la pregunta 10
4. Empiro-inductivista (su actividad parece reducirse a la observación y experimentación en busca del descubrimiento feliz... no se representa ni un libro que permita pensar en el cuerpo de conocimientos).	ítems IV, VI y VII de la pregunta 10 y la pregunta 6
Poco más puede decirse de lo que aparece en el dibujo, pero sí de las ausencias, que vienen a incidir, por omisión, en otras visiones deformadas:	
5. Rígida, algorítmica, infalible (nada se dice, por ejemplo, de posibles revisiones y replanteamientos de la investigación porque no se obtengan los datos esperados).	ítems VIII, XI de la pregunta 10 y la pregunta 5
6. Exclusivamente analítica (no se plantea la posible vinculación del problema abordado a diferentes campos de la ciencia, ni la conveniencia de controlar unas pocas variables en una investigación).	
7. Acumulativa y de crecimiento lineal (ninguna mención de cómo el nuevo “descubrimiento” afecta al cuerpo de conocimientos ya existente).	ítem IX de la pregunta 10 y las preguntas 8 y 9

3.4.2.2 Cuestionario (C-2): Análisis metacognitivo de las posibles visiones distorsionadas de ciencia

Este cuestionario (ver figura 11) permite a los propios maestros en formación analizar sus respuestas a las preguntas 1 y 10 de su cuestionario C-1, junto con un debate que se realiza en clase. Lo consideramos un ejercicio de introspección, muy importante dado que, como se ha fundamentado en el marco teórico, no basta con hablar a los maestros en formación sobre nuestras posibles visiones distorsionadas sobre la ciencia y la tecnología, creemos que en las aulas de magisterio se han de garantizar espacios de reflexión respecto a nuestras propias ideas espontáneas.

Al fin y al cabo, si no permitimos espacios en los que nosotros mismos, por medio de diferentes estrategias didácticas, analicemos nuestras propias concepciones, ¿cómo sabremos que las tenemos? ¿cómo sabremos qué profundidad y alcance pueden llegar

a tener las mismas y la influencia que pueden tener en nuestra propia forma de enseñar en un futuro?

Figura 11: Cuestionario C-2 de análisis metacognitivo sobre visiones deformadas de la actividad científica.

ANÁLISIS META-COGNITIVO SOBRE VISIONES DEFORMADAS RESPECTO AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO QUE PODEMOS TRANSMITIR LOS FUTUROS MAESTROS Y MAESTRAS

- Contestar cuestionario de diagnóstico:
- Leer el documento 1 "visiones de ciencia y actividad científica"
- Con base en la lectura del documento 1, contestar:

1. ¿Cuáles son las principales visiones distorsionadas de la ciencia que podemos transmitir los docentes? Enúncielas y describa sus principales características en la siguiente tabla.

Visiones distorsionadas de Ciencia	Características de esta visión

2. ¿Qué visiones distorsionadas de la ciencia tengo? Ubica las visiones que consideres que tengas por acción y por omisión en la siguiente tabla

Visiones distorsionadas de ciencia que tengo por acción (porque la he nombrado en la respuesta considerándola como adecuada)	Explica por qué crees que tienes esta visión.

Visiones distorsionadas de ciencia que tengo por omisión (porque no logré identificarla, ni mencionarla como visión inadecuada de la ciencia)	Explica por qué crees que tienes esta visión.

3. ¿Qué visiones distorsionadas NO tengo? ¿Qué razones me llevan a pensar que la tengo? Justifica tu respuesta, ayúdate de ejemplos o experiencias de tu vida, que creas, han contribuido a no tener dicha visión.

3.4.2.3 Documentos escritos (E-1a y E-1b): de ideas espontáneas sobre el contenido científico a enseñar

- El documento escrito E-1a consiste en un escrito de formato abierto basado en un par de preguntas sencillas (ver figura 12), donde pretendemos conocer las ideas espontáneas que los estudiantes universitarios tienen sobre algunos de los contenidos específicos a trabajar en el currículo de ciencias de Educación Primaria. Se decide utilizar este formato libre basado en dos preguntas sencillas porque, pese a que en el curso inmediatamente anterior han trabajado en una asignatura anual obligatoria (ciencias para maestros), en la que previsiblemente trabajan en torno a los contenidos de ciencias en educación primaria, son estudiantes que no suelen venir de las líneas de bachillerato de ciencias y, por tanto, lo que recuerdan de los contenidos científicos es lo que han visto en 3º y/o 4º ESO.

Figura 12: Instrumento E-1a: para identificar algunas ideas previas sobre el contenido a enseñar.

Equipo 1: Qué creéis que es el sonido? ¿Qué creéis que debe ocurrir para que se produzca un sonido y podamos oírlo?
--

Equipo 2: ¿Qué creéis que es el calor? ¿Qué creéis que es la temperatura? ¿Existe alguna relación entre estos dos términos?
--

Consideramos que cuestionarios más elaborados con la implicación de términos o fenómenos con los que probablemente han tenido poco contacto o directamente nunca habían escuchado, no aportarían mucho más que el uso de estas cuestiones simples. Como se muestra en Macedo de Burghi y Soussan (1985), este tipo de preguntas sencillas y directas permiten también conocer con efectividad las ideas previas de los estudiantes, en su caso, sobre temperatura y calor en una muestra de 932 estudiantes de entre 10 y 15 años en Uruguay y 147 estudiantes en París.

Además, también aprovecharemos el hecho de que también existe amplia bibliografía sobre las ideas previas que pueden tener estudiantes en diferentes etapas sobre conceptos como calor, temperatura y energía, que son los más estudiados (Clough y Driver, 1985; García-Hourcade y Rodríguez, 1985; Erickson y Tiberghien, 1989; Michinel y D'Alessandro, 1994; Solbes y Tarín, 2004; Rosebery et al. 2010). En cuanto a conceptos y fenómenos relacionados con el sonido se destacan los siguientes trabajos (Linder, 1992; Perales, 1997; 2003; Eshach y Schwartz, 2006; Boyes y Stanisstreet, 2010; Rico et al., 2021)

Los estudiantes de magisterio, como comentamos al inicio del apartado 3.4, son estudiantes que, en su mayoría, los conceptos matemáticos y científicos que han trabajado son los concernientes a los temarios de 3º y 4ºESO. De ahí que esperemos que sus ideas espontáneas respecto al contenido sean similares y por tanto, se aprovecharán los resultados de la bibliografía mencionada anteriormente.

- Por otra parte, el documento escrito E-1b, es el resumen, esquema, mapa conceptual, cuadro comparativo, etc. que cada uno de los miembros de los equipos trae a la primera tutoría y que realiza consultando de forma autónoma diferentes fuentes de su elección. Estos escritos nos servirán, por un lado, para conocer las fuentes de consulta y cómo organizan las ideas encontradas para entender y relacionar conceptos propios del tema elegido, por otro lado, servirá para conocer si comprenden dicho contenido, si tienen dudas, si se detectan concepciones erróneas, bien sea provocadas por la fuente de consulta o bien porque en el estudiante existen las mismas de forma involuntaria. Consideramos que estos escritos son bien interesantes para entender

cómo los maestros en formación preparan el contenido a enseñar y la profundidad que dan al mismo.

Los criterios con los que se analizarán y discutirán estos instrumentos para los dos equipos y que servirán de guía para la realización de la primera tutoría se presentan en el cuadro 9 y 10. Las ideas presentadas en el cuadro 9 las hemos considerado necesarias para discutir ya que son las ideas científicas que aparecen en currículo de Educación primaria (Real Decreto 1513/2006), también por esta razón, se han omitido aspectos como la relación entre velocidad de propagación y tipo de medio (sólido, líquido, gas), o aspectos relacionados con la reflexión, refracción, difracción de ondas sonoras. Igualmente, las ideas presentadas en el cuadro 10 se basan en el currículo oficial.

Cuadro 7: Ideas básicas que debería vislumbrarse en E-1b del equipo 1 (tema: Sonido y fenómenos acústicos) y para guiar la discusión a llevarse a cabo en la tutoría 1.

Justificación del equipo de la posible relevancia de los conceptos para ser enseñados en las aulas de Educación Primaria.	Los sonidos y fenómenos acústicos tienen cada vez una importancia más decisiva desde el punto de vista social: influye en aspectos esenciales de la calidad de vida de los seres humanos (radio, televisión, etc.), de su cultura musical e, incluso, en el conocimiento fisiológico de su propio cuerpo (p.e. cómo oímos).
	Estimular a los niños y niñas para que desarrollen actitudes positivas hacia la ciencia y la tecnología no sólo durante la época escolar, sino, también, a lo largo de toda la vida.
	Fomentar en los niños y niñas la curiosidad, capacidad de cuestionar, inferir, reflexionar, comprobar, comunicar, etc. es decir, promover el desarrollo de habilidades de indagación que contribuyan a su desenvolvimiento en la sociedad.
	Incentivar a los niños y niñas a conocer el porqué de los fenómenos naturales.
Ideas respecto al concepto de sonido y sus características	El sonido es un fenómeno que, primero, suele implicar la vibración inicial de un objeto y, después, involucra la propagación de ondas sonoras (sean audibles o no) que son las trasmisoras de las vibraciones.
	Las ondas sonoras consisten en la propagación de la perturbación/vibración inicial a través de un medio material (compresiones y dilataciones sucesivas de dicho medio) lo que implica transporte de energía, si bien en pequeña cantidad, sin traslaciones de materia a lo largo del medio.
	Este transporte de las vibraciones se explica al suponer que son las moléculas del medio material las que vibran al chocar unas con otras (idea importante para derivar cualitativamente lo que ocurrirá con la velocidad de la onda en medios más compactos como son los sólidos y líquidos).
	Toda onda sonora requiere: Algún foco que origine la perturbación, un medio en el que se propague dicha perturbación (es decir: un material sólido, líquido o gas) y un receptor/detector de ondas sonoras, de ahí la importancia del oído en los seres humanos.
	Dado que las ondas sonoras requieren un medio de propagación de las vibraciones, en el vacío (sin gas, sólido o líquido presentes) no hay sonido.

	<p>Existen ondas sonoras audibles (frecuencias detectables por el oído humano), pero existen otro tipo de ondas sonoras no audibles (ondas infra sónicas con frecuencias por debajo de la región audible, los elefantes las usan para comunicarse y ondas ultrasónicas, con frecuencias mayores que la región audible, las detectan los perros y se usan para ecografías).</p> <p>Aclarar que este punto en particular no lo teníamos contemplado, asumíamos que estaba claro, pero se trató dado que uno de los integrantes del equipo preguntó: <i>“no entiendo lo de ondas audibles o no...vamos a ver... ¿hay sonidos que no podemos oír? Entonces no son sonidos, son otra cosa ¿no? ... ¿sabes lo que te quiero decir?... si no los podemos oír ¿Cómo es que son sonidos? ... ”</i></p>
	<p>Funcionamiento general del oído como órgano receptor del sonido.</p>

Cuadro 8: Ideas básicas que debería vislumbrarse en E-1b del equipo 2 (tema: Calor y Temperatura) y para guiar la discusión a llevarse a cabo en la tutoría 1.

<p>Justificación del equipo de la posible relevancia de los conceptos para ser enseñados en las aulas de Educación Primaria.</p>	<p>Los conceptos de Calor y Temperatura al estar constantemente presentes en el lenguaje cotidiano (aunque no precisamente con el significado de la definición científica), tienen importancia desde el punto de vista social, ya que influye en aspectos esenciales de la calidad de vida de los hogares (electrodomésticos, sistemas de calefacción y aire acondicionado, alimentación, etc.) y también en el conocimiento fisiológico de nuestro propio cuerpo.</p>
	<p>Es necesario empezar a clarificar estos conceptos desde etapas escolares tempranas, para que así las ideas de los niños y niñas respecto a los mismos puedan ser cuestionadas y, poco a poco, puedan ser superadas concepciones como, por ejemplo, percibir el calor de forma <i>sustancialista</i> (el calor está dentro de los objetos), o <i>mecanicista</i> (el calor fluye de un lugar a otro) o como un tipo de energía, y la temperatura como el <i>grado de calor o frío</i> que puede tener un objeto (Nunes, 2003).</p>
	<p>Estimular a los niños y niñas para que desarrollen actitudes positivas hacia la ciencia y la tecnología no sólo durante la época escolar, sino, también, a lo largo de toda la vida.</p>
	<p>Fomentar en los niños y niñas la curiosidad, capacidad de cuestionar, inferir, reflexionar, comprobar, comunicar, etc. es decir, promover el desarrollo de habilidades de indagación que contribuyan a su desenvolvimiento en la sociedad.</p>
	<p>Incentivar a los niños y niñas a conocer el porqué de los fenómenos naturales con los que cotidianamente conviven.</p>
<p>Ideas respecto a los conceptos de calor y temperatura y su relación con la energía .</p>	<p>La energía es una idea en la física, y no es algo material como, por ejemplo, una cosa o una sustancia. La energía se define, en general, como la capacidad que tienen un sistema para producir cambios cuando interacciona con otros sistemas. Por tanto la energía es una invención que nos va permitir comprender los cambios y poder orientarlos en el sentido que nos convenga socialmente.</p>
	<p>La energía es por tanto, una propiedad ideada por los científicos asociada al: movimiento y/o la configuración de los sistemas materiales (formados en el nivel macroscópico por objetos, o por partículas en el nanoscópico)</p>
	<p>Así pues, la materia, independientemente de su estado, está formada por partículas que se mueven y, por ello, decimos que tienen energía cinética. Además, estas partículas están vibrando, lo que significa que están ligadas entre sí por fuerzas formando estructuras y, por ello, decimos que también tienen energía</p>

	<p>potencial. La Energía (cinética y/o potencial) de los sistemas puede transferirse cuando chocan o transformarse cuando se rompan dichas configuraciones.</p>
	<p>El Calor es pues, un proceso que implica interacción entre dos sistemas en donde ocurre transferencia de energía desde un sistema que se encuentra a mayor temperatura, a otro que se encuentra a menor temperatura.</p>
	<p>Esta interacción entre sistemas a diferentes temperaturas se llega finalmente a un equilibrio térmico, es decir, a tener la misma temperatura. En este proceso se asume que la variación de energía interna que pierde el cuerpo con mayor temperatura (caliente), es igual que la gana el cuerpo con menor temperatura (frío). Según el principio de conservación de la energía aplicado al sistema formado exclusivamente por los dos cuerpos que interaccionan.</p>
	<p>La temperatura es una propiedad que se puede relacionar con el movimiento que pueden tener las partículas que conforma un cuerpo o sistema en cualquier estado. En el caso de los gases ideales no todas las partículas tienen la misma velocidad y por ello se habla de velocidad promedio. Si dichas partículas interaccionan el conjunto puede aportar una energía cinética promedio que está relacionada directamente con la temperatura.</p> <p>Así pues, la Temperatura es una magnitud estadística (del conjunto de partículas del gas y no puede asociarse a una única partícula). En el caso general de los otros estados de la materia (líquidos y sólidos), podemos aceptar cualitativamente que la temperatura está relacionada con la energía interna del sistema material formado por partículas.</p>
	<p>La temperatura es una magnitud intensiva, o sea, independiente de la masa del sistema y, sólo puede modificarse (cambiar su temperatura respecto a otros sistemas) si se le suministra energía a dicho sistema. De lo contrario, estará en equilibrio térmico respecto a los demás sistemas y entorno en que se encuentre, ya que estarán a la misma temperatura.</p>
	<p>Existen sustancias o materiales que al calentarse fácilmente se dilatan (cambian de volumen). Este fenómeno de dilatación/contracción se aprovecha para diseñar y construir los termómetros.</p>

3.4.2.4 Documento escrito (E-2) de ideas previas sobre cómo enseñar el contenido elegido

Este escrito nos permite conocer las ideas espontáneas con respecto a cómo enseñar los contenidos elegidos y qué estrategias utilizar para trabajar en el aula los mismos. Es un instrumento de partida importante dado que puede mostrar cómo los maestros en formación piensan que deberían hacer su clase y la importancia de relacionar adecuadamente los objetivos de aprendizaje y posibles estrategias de aprendizaje para abordar el tema. E-2 es el siguiente:

Figura 13: Instrumento E-2: documento de ideas previas respecto a cómo enseñar el contenido elegido.

Taller:	
¿Existe relación entre los objetivos y las estrategias de aprendizaje?	
¿qué queremos que aprendan nuestros estudiantes?	¿Cómo queremos lograrlo?
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

Así mismo, se puede reconocer qué tipo de objetivos de aprendizaje plantean y qué tipo de actividades en torno a ellos consideran adecuadas. Para realizar este borrador era necesario traer las actividades que habían buscado (en diferentes fuentes, tal y como les solicitamos con anterioridad), con estas actividades también podemos conocer qué tipo de actividades suele elegir el maestro en formación para enseñar un contenido concreto. Los criterios de evaluación para este instrumento se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 9: Criterios de valoración para las ideas manifestadas en el instrumento E-2.

Se plantean un problema contextualizado que sirve de hilo conductor a los objetivos propuestos
Se redactan unos objetivos de forma clara, sin utilizar verbos ambiguos que no evidencian lo que se quiere que los niños y niñas aprendan.
Se plantean unos objetivos relacionados con los contenidos que se querían abordar en su propuesta, o por el contrario, se plantean objetivos demasiado generales y poco claros.
Los objetivos que plantea aíslan cada contenido y actividad y, por tanto, se evidencia desconexión entre contenidos o, por el contrario, hay una conexión coherente entre contenidos del mismo tema.
Se tienen en cuenta actividades que permitan abordar aspectos procedimentales y actitudinales o solamente conceptuales.
Las estrategias de aprendizaje o actividades expuestas pertenecen al grupo de actividades coherentes con el modelo IBSE (permiten cuestionar, experimentar, formular hipótesis, discutir, analizar, etc.) o, por el contrario, son de tipo tradicional (memorizar, observar y anotar, tipo receta, etc.) o por descubrimiento.
En su conjunto el borrador plantea un hilo conductor de acción claro o por el contrario denota activismo ingenuo.

3.4.2.5 Documento escrito (E-3) de reflexiones por equipo respecto al modelo de indagación

Este documento escrito consiste en una reflexión que debe hacerse por equipos, después de haber trabajado una serie de actividades donde se presenta el modelo, lo que dice actualmente la investigación en didáctica de las ciencias respecto al mismo y haber participado en una serie de experiencias basadas en el mismo (descritas en las sesiones 13 a 16 y tutoría 2, en el apartado 2.5.3.2 de esta memoria). El objetivo principal es

detectar qué características imprescindibles reconocen del modelo y que son imprescindibles si se quiere llevar al aula, por otra parte, identificar posibles temores y dudas respecto al modelo y su posible implementación en el aula. Recordamos que el instrumento es el siguiente:

Figura 14: Instrumento E-3 de reflexión por equipos sobre la actividad basada en la indagación

Análisis de la actividad y la indagación como modelo de aprendizaje	
Ventajas	Desventajas

3.4.2.6 Cuestionario (C-3): Para valorar las secuencias de aprendizaje diseñadas por cada equipo

Este cuestionario o matriz de evaluación (ver cuadro 10), nos permite evaluar el documento final en PDF entregado por cada uno de los equipos que contiene la secuencia de aprendizaje diseñada. La matriz usa una escala Likert (1 muy en desacuerdo, 2 indiferente y 2 muy de acuerdo) para valorar unos indicadores de logro establecidos para la secuencia diseñada. Se han considerado solo 3 valores posibles porque cada indicador de logro presentado está redactado de forma explícita para una acción concreta, por tanto, al evaluar se ha de considerar si se cumple con el indicador al 100%, cumple al 50% o no cumple.

Dichos indicadores los determinaron los miembros del equipo de investigación en común acuerdo teniendo en cuenta el marco teórico base. La evaluación de cada PDF entregado la realizan dos miembros del equipo por separado y, posteriormente, en caso de discrepancias respecto algún indicador se procede a la discusión y acuerdo pertinentes; el total de los indicadores suma 19, por tanto, es la puntuación mínima al valorar los mismos, la máxima sería 57.

Cuadro 10: Matriz de evaluación (C-3) de las secuencias de enseñanza-aprendizaje diseñadas (entregadas en documento PDF por cada uno de los equipos).

Equipo N°:		Integrantes:			
CUESTIONES RESPONDER	A	INDICADORES DE LOGRO PARA LA SECUENCIA DE APRENDIZAJE DISEÑADA	1	2	3
¿Qué enseñar? ¿Por qué y para qué enseñar?		Seleccionan contenidos científicos básicos que serán el foco de la secuencia.			
		Plantean un problema contextualizado o situación interesante que sirva de hilo conductor para introducir los conceptos que se quieren trabajar.			
		Justifican la posible importancia de los contenidos científicos seleccionados.			
		Proponen actividades que promueven el interés por la cultura científica e intentan salir al paso de VDAC			
¿Para quién?		Indican con claridad a quien puede ir dirigida la secuencia de aprendizaje (grado o grados de educación primaria).			
		Reconocen las posibles ideas previas que pueden tener los niños y niñas con respecto a los conceptos a trabajar.			
¿Qué van a aprender las niñas y niños? OBJETIVOS		Formulan los objetivos de aprendizaje con claridad, en relación con el hilo conductor pensado y los contenidos seleccionados.			
		Identifican qué habilidades de indagación y/o actitudes hacia la ciencia se enfatizarán durante la secuencia.			
¿De qué recursos disponemos? ¿Qué otros necesitamos?		Hace uso de material didáctico disponible (TIC, laboratorios, material casero, etc.) y fácil de utilizar para los niños y niñas.			
		Enuncian de forma clara y concreta los recursos didácticos que se requieren y lugar donde se llevará a cabo cada una de las actividades.			
Temporalización		Realizan una adecuada estimación del tiempo que se requiere para llevar a cabo las actividades de la secuencia de aprendizaje.			
¿Cómo facilitar el aprendizaje? METODOLOGÍA		Hacen uso de diversas estrategias de aprendizaje haciendo énfasis en la participación de los niños y niñas de modo que puedan expresar funcionalmente sus ideas –sean o no alternativas-, hacer preguntas, generar hipótesis, manipular variables, comunicar ideas, colaborar en pequeños grupos, sintetizar, manifestar inquietudes, recapitular y concluir.			
		Las estrategias de aprendizaje seleccionadas permiten efectivamente abordar los objetivos planteados.			
		Se describen con claridad las actividades que han de realizar los niños y niñas para que “aprendan-haciendo”			
		Se describe con claridad el papel del maestro. Se observa coherencia entre lo que han de hacer los niños(as) y el maestro.			
		Proponen una organización de los niños(as) que permite gestionar mejor el trabajo de aula y contribuir al desarrollo de competencias sociales.			
¿Cómo evaluar el aprendizaje de las niñas y niños?		Se programa un sistema de evaluación acorde con cada una de las actividades de aprendizaje descritas en la metodología.			
		Proponen instrumentos de autoevaluación que le permita a los niños y niñas identificar sus logros y dificultades.			
		Proponen una actividad final de recapitulación y retroalimentación donde los niños y niñas pueden comunicar por diferentes métodos sus conclusiones, nuevas preguntas que han surgido, inquietudes, logros, etc.			

3.4.2.7 Cuestionario (C-4): Para valorar la actuación de los maestros y maestras en formación durante la implementación en los colegios.

El cuestionario o matriz de evaluación (ver cuadro 11), pretende evaluar y valorar si en su conjunto se ha logrado dar un primer paso en el camino hacia el desarrollo de su competencia docente en enseñanza ciencias y detectar si los maestros(as) en formación logran trabajar en el aula usando el modelo de aprendizaje por indagación:

- intentando evitar dar explicaciones anticipadamente y más bien permitiendo, por medio de cuestiones, generar discusiones que guíen el desarrollo de las actividades, utilizar pequeñas preguntas para guiar a los niños y conocer sus ideas, dándole el tiempo oportuno.
- siendo asertivos a la hora de mediar las discusiones de los niños y niñas en torno a una actividad y por tanto permitiendo su participación activa (generar hipótesis, sintetizar, discutir dudas, experimentar, concluir a partir de la evidencia, etc.),
- valorando si intentan o no, salir al paso de caer en algunas visiones deformadas de la ciencia y,
- mostrando claridad en cuanto a los contenidos científicos trabajados.

Igual que en C-3, la matriz usa una escala Likert (1 muy en desacuerdo, 2 indiferente y 2 muy de acuerdo) para valorar unos indicadores de logro establecidos respecto a la competencia docente en enseñanza de las ciencias. Dichos indicadores, también, los han establecido los miembros del equipo de investigación en común acuerdo. La evaluación de las implementaciones realizadas, la hacen dos miembros del equipo por separado y, posteriormente, en caso de discrepancias respecto algún indicador se procede a la discusión, revisión de videos y acuerdo pertinentes.

Cuadro 11: Matriz de valoración (C-4), de la actuación de los maestros(as) en formación durante la implementación de la secuencia (en los colegios)

Equipo N°:		Integrantes:			
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	1	2	3
GESTIÓN DE LA CLASE	METODOLOGÍA	Actividades de inicio:			
		Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento), etc.			
		Actividades de desarrollo:			
		Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.			
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.			
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.			
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.			
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.			
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.			
	El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.				
	EVALUACIÓN	Realiza una valoración inicial que permite:			
		Identifica ideas previas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.			
		Realiza actividades de evaluación que permiten:			
		Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.			
Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.					
CLIMA DE AULA	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).				
	Motiva a sus estudiantes para que participen.				
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.				
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.				

	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.			
	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.			
	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.			
ARGUMENTACIÓN	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.			
	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).			
MANEJO DE LA VOZ	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.			
	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.			
MANEJO DEL ESPACIO	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad			
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda			
	Evita estar estático con las manos en los bolsillos			
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.			
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.			

3.4.2.8 Cuestionario (C-5): Fichas de trabajo para los niños y niñas de las escuelas en donde se implementaron las secuencias diseñadas por los maestros en formación.

Para valorar la efectividad de la secuencia, se han utilizado los datos provenientes de la participación de los niños y niñas durante la implementación (argumentaciones, discusiones, dudas y conclusiones que plantean los niños en las actividades de la secuencia), que ha sido grabada (G-4). Además de las grabaciones, otro instrumento de recolección de datos utilizado, es una ficha que los niños y niñas rellenan de forma escrita y, en la cual iban recogiendo las conclusiones a las que llegaban después de haber realizado una o un par de actividades de la secuencia, lo que, para nosotros, es otro instrumento importante (Cuestionario C-5) donde se registra su posible aprendizaje.

El cuestionario C-5 lo propone cada equipo, a modo de instrumento de evaluación para los niños y niñas, las fichas contienen preguntas que los mismos equipos han considerado relevantes para conocer si las niñas y niños han realizado un correcto acercamiento al contenido científico trabajado o si, por el contrario, se han generado dudas y se mantienen concepciones erróneas, para el equipo 1: Sonido y sus características, para el equipo 2: Calor y temperatura.

Llamaremos C-5.1 al cuestionario que rellenaron los niños y niñas de 3º de primaria durante la implementación de la secuencia sobre el sonido y sus características (ver figura 15) y, C-5.2 al cuestionario que rellenaron los niños y niñas de 6º de primaria durante la implementación de la secuencia sobre calor y temperatura (ver figura 16). Los criterios para valorar las respuestas de los niños y niñas en estos cuestionarios, se presentarán cada uno en los cuadros 12 y 13.

Figura 15: Cuestionario C-5.1: Ficha de trabajo propuesta por el equipo 1

VIAJE A DIAPASON

Apellidos, Nombre: _____

FICHA DE RESULTADOS

1. Así pues ¿Qué debe ocurrir para que se produzcan sonidos?

2. ¿Logramos escuchar los sonidos cuando hay aire? si ___ no ___ no lo sé ___
¿Por qué?

3. ¿Qué pasa cuando no hay aire? ¿Podemos escuchar algo? Explica tu respuesta

4. Entonces, ¿podemos escuchar a través de los sólidos? si ___ no ___ ¿Por qué?

5. ¿Podemos escuchar a través de los líquidos? si ___ no ___ ¿Por qué?

6. ¿Qué he aprendido con respecto al sonido con estos experimentos? Escribe todas las cosas que crees que hayas aprendido.


a) _____

b) _____

c) _____

d) _____

e) _____



Cuadro 12: Ideas científicas para contrastar con los aportes provenientes de la grabación G-4 y C-5.1

Ideas explícitas manifestadas por los niños y niñas	
Objetivos de aprendizaje ⁴⁹	Indicadores de logro
Reconocer que el sonido se produce por la vibración de las partículas que conforman los objetos	Los niños y niñas explican que el sonido se produce gracias a que materiales diferentes chocan entre sí y producen una vibración en las partículas que lo conforman.
Reconocer y comprobar que el sonido se propaga/mueve a través de tres medios: sólidos, líquidos y gases.	Los niños y niñas logran identificar que el aire es un medio por el cual se mueve el sonido.
	Los niños y niñas logran reconocer que el sonido también se mueve a través de los sólidos y líquidos, aportando ejemplos que lo confirman.
Justificar la ausencia de sonido con la ausencia de aire, sólido o líquido (medio de propagación)	Los niños y niñas logran argumentar que, sin presencia de un medio gaseoso, líquido o sólido no se puede transmitir un sonido. O sea, el sonido no se transmite en el vacío.
Identificar y analizar fuentes de ruido y contaminación acústica. Valorar el sonido haciendo un uso responsable de aparatos electrónicos.	Los niños y niñas argumentar sobre fuentes de ruido y su relación con la salud del oído.
Actitudes de los niños manifestadas durante la implementación de la secuencia	
Participan activamente de las actividades planteadas (comunica sus ideas, dudas, conclusiones de forma oral y escrita, realizan los experimentos o manipulación de técnicas cuando así se les pide) por lo que se nota el interés y respeto por las actividades realizadas.	
Trabajan en equipo de forma organizada y siguiendo las indicaciones del maestro, por lo que se contribuye a un clima de trabajo favorable para realizar correctamente las actividades.	
Son respetuosos con sus compañeros de equipo durante las actividades.	

49. Formulados por las integrantes del equipo para su secuencia de aprendizaje.

Figura 16: Cuestionario C-5.2: Ficha de trabajo propuesta por el equipo 2

GRUPO ENERGÍA: "EL TEATRO DE PEPE"

APELLIDO Y NOMBRE: _____
 FECHA: _____

1) Apuntamos en la siguiente tabla las temperaturas cada cierto tiempo.

	TEMPERATURA ^o				
AGUA CALIENTE ^o	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
AGUA FRÍA ^o	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



Una vez hecha la primera medición de temperatura. ¿Qué creéis que va a pasar después de pasado un buen tiempo?

2) Entonces, ¿las partículas que forman los gases y los líquidos se mueven? Si ___ No ___
 ¿Por qué?

3) Y las partículas que forman los sólidos ¿se mueven? Si ___ No ___ ¿por qué?

4) ¿Qué creéis que es la temperatura? Recordar lo que habéis trabajado en los ordenadores.

5) Entonces, después de todo lo trabajado en los experimentos de clase y los ordenadores, ¿Qué creéis que es el Calor?

Los criterios de evaluación para contrastar este y la grabación de ese día presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 13: Ideas científicas para contrastar con los aportes provenientes de la grabación G-4 y C-5.2

Ideas explícitas manifestadas por los niños y niñas	
Objetivos de aprendizaje⁵⁰	Indicadores de logro
Reconocer que la energía está presente en toda la materia y se manifiesta por medio de la vibración y movimiento de las partículas	Los niños y niñas analizan y argumentan en torno a distintos materiales en diferentes estados que hay movimiento de partículas y por tanto “energía”.
Relacionar el aumento o disminución de temperatura con la alta o baja energía de las partículas que forman la materia.	Los niños y niñas logran identificar y poner ejemplos en los que, a mayor energía, mayor movimiento de las partículas y, por tanto, más temperatura.
	Los niños y niñas logran identificar y poner ejemplos en los que, a menor energía, menor movimiento de las partículas y, por tanto, menos temperatura.
Identificar el calor como un proceso o fenómeno en el cual se transmite energía de un cuerpo con mayor temperatura a otro con menor temperatura hasta que llegan al equilibrio térmico (misma temperatura).	Los niños y niñas explican que el calor es un proceso que se produce cuando cuerpos/materiales/cosas con mayor temperatura dan energía a aquellos que tienen menos temperatura, hasta que llegan a la misma temperatura.
Actitudes de los niños manifestadas durante la implementación de la secuencia	
Participan activamente de las actividades planteadas (comunica sus ideas, dudas, conclusiones de forma oral y escrita, realizan los experimentos o manipulación de técnicas cuando así se les pide) por lo que se nota el interés y respeto por las actividades realizadas.	
Trabajan en equipo de forma organizada y siguiendo las indicaciones del maestro, por lo que se contribuye a un clima de trabajo favorable para realizar correctamente las actividades.	
Son respetuosos con sus compañeros de equipo durante las actividades.	

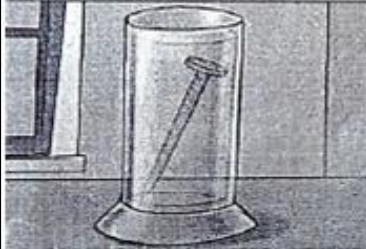
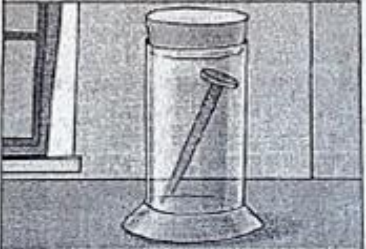
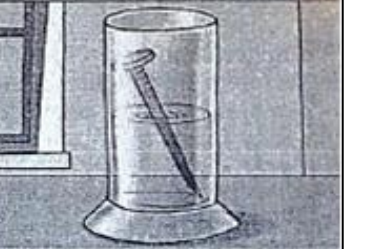
3.4.2.9 Cuestionario (C-6): de reflexión y valoración final del programa de formación.

El cuestionario pretende registrar las ideas, aprendizajes y reflexiones, que los maestros en formación tienen después del proceso vivido durante todo el cuatrimestre con este programa de formación diseñado. En la figura 17 se muestra el instrumento, consta de 14 preguntas abiertas y cerradas:

Los criterios de evaluación que hemos utilizado para agrupar, clasificar y valorar las respuestas de los futuros maestros(as) se basan en la contrastación con respecto a las ideas clave presentes en el cuadro 14.

50. Formulados por las integrantes del equipo para su secuencia de aprendizaje.

Figura 17: Cuestionario final C-6 de reflexión y valoración del programa de formación en el que los maestros en formación han participado

REFLEXIÓN Y ANÁLISIS METACOGNITIVO FINAL					
Apellidos y nombres:	Fecha:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Explica 3 contenidos básicos que se logran abordar en la secuencia de aprendizaje diseñada por tu equipo. 2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje. 3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta. 4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta 5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Puedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos. 6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: <i>"El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias"</i>. Se podría decir que esta frase es una: <table style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">A. observación</td> <td style="width: 50%;">C. generalización</td> </tr> <tr> <td>B. hipótesis</td> <td>D. conclusión</td> </tr> </table> Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA) 		A. observación	C. generalización	B. hipótesis	D. conclusión
A. observación	C. generalización				
B. hipótesis	D. conclusión				
<ol style="list-style-type: none"> 7. Lee la siguiente afirmación: <i>"El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse"</i>. Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta. 8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación. 					
<p>1 Descríu en el teu quadern allò que hi ocorre. Si realitzes aquest experiment en el laboratori, has de tindre en compte que, des que el prepares fins que pugues observar els resultats, hauran de passar uns quants dies. Intenta arribar a alguna conclusió després d'annotar les teues observacions.</p>					
<p>Aboques oli en un tub, hi poses un clau de ferro i l'observes passats uns dies.</p>  <p>Escriu en el teu quadern: Què hi veus?</p>	<p>Poses un clau en un tub i el tapes amb un euro. L'observes passats uns dies...</p>  <p>Escriu en el teu quadern: Què hi veus?</p>	<p>Col·loques el clau en un tub amb aigua fins a la meitat. Tapes amb un euro. L'observes passats uns dies...</p>  <p>Escriu en el teu quadern: Què hi veus?</p>			

8.1 ¿A qué modelo de aprendizaje de las ciencias corresponde esta actividad? (tradicional, por descubrimiento, por indagación, etc.). Justifica tu respuesta.

8.2 ¿Qué visiones de ciencia se transmiten al estudiante con este tipo de actividad? ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

Ahora sé:

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí No ¿Por qué?

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí No ¿Por qué?

Cuadro 14: Ideas favorables respecto al modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias basado en la indagación y programa de formación de maestros

CRITERIOS A EVALUAR	PREGUNTAS DE C-6 QUE ABORDAN DICHOS CRITERIOS
i. Conocimiento del Contenido (ideas respecto a Naturaleza del trabajo científico y contenidos específicos a enseñar)	
i.1 Explica con claridad los conceptos científicos trabajados y utiliza ejemplos que apoyen su explicación.	1
i.2 Identifica y argumenta con claridad qué visiones deformadas sobre la actividad científica se pueden transmitir en algunas actividades propuestas para las clases de ciencias.	8
i.3 Reconoce que la metodología científica no tiene un método único, parte de hipótesis que intentan cuestionarse empíricamente. Sin embargo, el conocimiento científico no surge simplemente de los datos sino a través de un proceso de interpretación y construcción de ideas clave.	6 y 7
ii. Conocimiento del modelo de enseñanza-aprendizaje por indagación	
ii.1 Explica con claridad las posibles ideas previas que los niños y niñas pueden tener con respecto al tema seleccionado en el proyecto realizado.	5
ii.2 Plantea adecuadamente objetivos de aprendizaje en relación con los contenidos a enseñar y las actividades planificadas.	2
ii.3 Argumenta con claridad cuáles son las características del modelo de aprendizaje que han usado (IBSE): Partir de un problema contextualizado, si el problema es muy general, fraccionarlo en pequeñas cuestiones, utilizar diferentes estrategias de aprendizaje (actividades) que permitan a los niños generar hipótesis, relacionar variables, discutir con base en evidencias, presentar resultados, cuestionar resultados, reflexionar, comunicar y concluir.	3 y 4
ii.4 Identifica y Argumenta que el aprendizaje de los niños(as) basado en el modelo IBSE es un proceso complejo que requiere tiempo, paciencia, planificación y tiene limitaciones dependiendo del nivel cognitivo de los niños y niñas a los que se les enseña. Sin embargo, la metodología IBSE puede contribuir a largo plazo al desarrollo de su competencia científica.	14
iii. Percepción sobre el desarrollo de la competencia docente en ciencias	
iii.1 La vivencia de este tipo de experiencias de formación contribuye a que el futuro maestro(a) en formación contextualice lo aprendido en las aulas universitarias.	9 a 13
iii.2 La vivencia de este tipo de experiencias contribuye a que el maestro(a) en formación perciba la enseñanza de las ciencias como un proceso de alfabetización científica y tecnológica más que de memorización de conceptos.	
iii.3 Los maestros(as) en formación reflexionan de forma crítica y constructiva sobre el uso de la indagación en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias en las aulas de Educación Primaria.	

3.4.2.10 Grabaciones G-1 hasta G-5

Como se explica en la fundamentación metodológica, los datos pueden ser analizados con respecto a las preguntas de investigación y las hipótesis planteadas por el investigador, así como también por los hechos de lo que está ocurriendo y que puede provenir de los datos en sí, es decir, de lo que sucede dentro de la misma dinámica de aula o entorno educativo a investigar. Lo que permite ampliar categorías de análisis, descubrir aspectos clave y recurrentes que puedan surgir de los datos y que no habían sido contemplados inicialmente. Por tanto, la información obtenida de las grabaciones consideramos que nos permite enriquecer el análisis de los resultados obtenidos.

Bien sabemos que es más fácil contar de forma oral aspectos que se dificultan o que quedan menos argumentados de forma escrita. De ahí que consideremos importante el uso de algunas pre-categorías generales que podemos estudiar de acuerdo a los cuestionarios pre-establecidos, pero también de la información que proviene de las conversaciones durante las tutorías, las clases y la implementación de las secuencias en el aula que han sido grabadas.

Así pues, con base en los instrumentos mostrados podremos cuestionar las hipótesis formuladas mediante la obtención, presentación de datos y el correspondiente análisis de los resultados obtenidos por los dos equipos de futuros maestros que participaron en esta investigación. En los capítulos 4 y 5 se describirán estos equipos y se explicarán con detalle los resultados obtenidos a partir del análisis de los instrumentos de evaluación ya mencionados. En concreto, centraremos la atención en los siguientes aspectos:

- a) análisis particular (de cada miembro de los equipos) del cuestionario 1 para detectar ideas previas con respecto a las visiones deformadas de la ciencia y trabajo científico,
- b) análisis de sus ideas previas con respecto a los contenidos propios que abordaba su secuencia de aprendizaje,
- c) observaciones directas de su actuación docente durante la implementación de la secuencia a los niños y niñas,
- d) observación del trabajo de los niños y niñas: actitudes, argumentaciones y trabajo realizado durante la implementación de la secuencia (grabado en vídeo) y la ficha de evaluación que completan los mismos,
- e) análisis particular (de cada miembro del equipo) respecto al cuestionario final para detectar el cambio o no, de visiones deformadas de ciencia, nivel de comprensión del contenido seleccionado y su percepción (favorable o desfavorable) sobre el uso de metodologías innovadoras en el aula (IBSE) y el programa de formación del que hizo parte.

CAPÍTULO 4

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL EQUIPO 1: EL CASO DE LA SECUENCIA DE APRENDIZAJE SOBRE EL SONIDO

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos por los cuatro integrantes del equipo 1 (casos de Lucia, Ana, Paula y Juan) que han diseñado e implementado una secuencia de actividades sobre el sonido, basada en el modelo de aprendizaje como indagación, también se mostrarán los resultados obtenidos respecto a su percepción acerca del proceso de formación en el que han participado. Para ello, nos centraremos en mostrar los resultados obtenidos por los integrantes del equipo sobre los siguientes aspectos clave:

- 1) Visiones deformadas, de cada uno de los estudiantes, sobre la actividad científica que tienen los estudiantes universitarios (4.2.1) y conocimientos previos de los mismos estudiantes respecto al contenido científico a enseñar (interpretación del fenómeno: qué es el sonido y cómo podemos oírlo) (4.2.2).
- 2) Ideas previas, de cada uno de los estudiantes, sobre cómo se habría de enseñar en la escuela dicho contenido (que para este equipo corresponde al tema de sonido y sus características).
- 3) Diseño realizado por los integrantes del equipo de la secuencia de enseñanza sobre el sonido, según el modelo de aprendizaje por indagación (selección de un contenido, estudio de las posibles ideas previas y dificultades de los niños y niñas respecto a dicho contenido, planteamiento de una situación problemática o pregunta de interés, planteamientos de los objetivos de aprendizaje a lograr, actividades a proponer de acuerdo a los objetivos planteados y, criterios de evaluación del aprendizaje). Tanto 2), como 3) serán tratados en el apartado 4.3.
- 4) Implementación en la escuela de la secuencia diseñada y evaluación del posible aprendizaje logrado por los niños y niñas. Los resultados de dicha implementación y, por tanto, los datos recogidos sobre la posible aportación de la indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje para favorecer el aprendizaje de los niños y niñas se mostrarán en el apartado 4.4.
- 5) Reflexiones finales respecto al modelo de indagación como facilitador del aprendizaje escolar de las ciencias, y respecto al posible logro de la competencia docente debido al programa de formación en el que el equipo ha participado. En el apartado 4.5 mostraremos los resultados concernientes a este aspecto, es decir, a la percepción de los futuros maestros (de este equipo) con respecto al programa de formación en el que han participado (cuyo objetivo principal es iniciar al futuro

maestro en el desarrollo de su competencia docente en enseñanza de las ciencias analizando, trabajando y diseñando secuencias basadas en el modelo de indagación).

A modo general, y con el ánimo de familiarizarse con los integrantes del equipo, decir que estuvo conformado por cuatro estudiantes, 3 de los cuales (Ana, Paula y Lucía) pertenecían a la especialidad en educación musical y 1 (Juan) a la especialidad de educación física. Los cuatro participantes se encuentran en edades de entre 22 a 23 años. Ninguno de ellos había visto contenidos de ciencias (física y química) desde 3 de ESO, excepto por la asignatura de Ciencias para Maestros que habían cursado el año anterior. Aunque su secuencia fue implementada en dos colegios diferentes (que describiremos en el apartado 4.4), a Juan le fue imposible participar en dichas implementaciones debido a que su domicilio se encontraba en un pueblo alejado de Valencia y ya empezaba sus prácticas allí, por lo que fue imposible organizar un horario posible para que pudiera asistir.

4.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIANTES DEL EQUIPO 1 RESPECTO AL CONOCIMIENTO DE LA DISCIPLINA

Como planteábamos en el marco teórico, entendemos por conocimiento de la disciplina del estudiante (universitario) lo siguiente:

a) La imagen o ideas que tienen inicialmente sobre la construcción y desarrollo del conocimiento científico, que mostraremos en el subapartado 4.2.1. Dichas ideas son imprescindibles conocerlas y tenerlas en cuenta como punto de partida para iniciar cualquier proceso de formación docente, ya que influyen sobre sus concepciones respecto a cómo enseñar (Porlán, 1994; Porlán, et al., 1997, 1998; Furió, 1995; Furió y Carnicer, 2002b).

b) Las explicaciones previas que dan al fenómeno estudiado (el sonido y sus características) que trataremos en el subapartado 4.2.2. Estas ideas también son de gran relevancia conocerlas previamente, ya que si no se conoce el contenido a enseñar, se incurre fácilmente en una enseñanza que depende excesivamente de los libros de texto (Apple, 1989; Barrow, 2000; Ocelli y Valeiras, 2013) con la consiguiente visión de una enseñanza centrada en los conceptos y el discurso del maestro y, pocas oportunidades para explorar un aprendizaje centrado en torno al contexto del estudiante y a las ideas fundamentales de los contenidos científicos (Valverde y Schmidt, 2000; Harlen, 2010).

4.2.1 ¿Qué visiones deformadas sobre la actividad científica se presentan en los estudiantes del equipo 1?

Para identificar las posibles ideas espontáneas de los estudiantes sobre la imagen de ciencia y la actividad científica, se ha utilizado el cuestionario C-1 ya descrito en el capítulo 3. Recordamos que dentro de C-1, la pregunta 1, específicamente, tiene como objetivo ver, en general, cuáles son las visiones deformadas de la ciencia que logran detectar en torno a un dibujo mostrado. Así mismo, la pregunta 10⁵¹ (frases I, II, III y V) también recoge información al respecto, por ello, mostraremos los resultados obtenidos de estas preguntas en el sub-apartado 4.2.1.1. En especial, se analizarán las argumentaciones respecto a la visión elitista e individualista y empiro-inductivista del trabajo científico, ya que, en trabajos anteriores (Fernández et al., 2005) se evidencia que son las dos visiones que con mayor facilidad pueden detectarse con el dibujo.

En el subapartado 4.2.1.2 se mostrarán las ideas de los estudiantes del equipo, con respecto a la visión descontextualizada socialmente de la ciencia; dicha visión se analiza con base en las frases VII y X de la pregunta 10. En el subapartado 4.2.1.3 mostraremos las ideas de los estudiantes universitarios con respecto a la visión rígida-algorítmica, dicha visión se analiza con base en las frases VI y VIII de la pregunta 10.

En el apartado 4.2.1.4 mostraremos las ideas de los estudiantes universitarios con respecto a la visión acumulativa y de crecimiento lineal, recordemos que dicha visión se valora con la frase IX de la pregunta 10 junto con las preguntas 8 y 9 de C-1. Aclarar, que dado que C-1 es un cuestionario largo y la contestación de los estudiantes lo hace aún más extenso (las respuestas escaneadas contienen entre 7 a 10 páginas aproximadamente, por cada estudiante), no lo presentaremos al completo para cada uno de los estudiantes. Para una mayor organización y presentación de los resultados iremos mostrando extracciones del cuestionario de cada uno de los estudiantes del equipo según los apartados con los que tienen relación.

4.2.1.1 Ideas espontáneas que tienen los estudiantes del equipo sobre la visión elitista-individualista y empiro-inductivista del trabajo científico

Las respuestas de cada estudiante a la pregunta 1 de C-1 (aplicadas al dibujo de la imagen 1) son las siguientes:

51. Que se trata de 12 frases relacionadas con las siete visiones deformadas de la ciencia y, en las que los estudiantes universitarios debían justificar si estaban de acuerdo o no con los planteamientos propuestos en dichas frases.

Imagen 1: ilustración de la cuestión 1 del cuestionario C-1 para reconocer ideas espontáneas sobre la actividad científica.



Respuesta de Lucía

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No Sí ¿Por qué?

No, porque este dibujo muestra un falso concepto de la ciencia, como por ejemplo:

- La ciencia sólo es practicada por hombres que visten la famosa bata blanca.
- La ciencia sólo puede realizarse en un laboratorio.
- Son necesarias instrumentos específicos como probetas, tubos de ensayo..., cuando podemos realizar un experimento con algo tan simple y ordinario como un vaso de plástico y una cerilla.
- La ciencia y, por tanto, los experimentos, requieren de un resultado vistoso e impactante.

Respuesta de Ana:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No Sí ¿Por qué?

Porque es la imagen que se suele mostrar de la ciencia, el típico "científico loco", solo, mezclando sustancias, y no es así, el científico trabaja en grupo, realiza hipótesis, no es necesario que esté todo el día en el laboratorio con la bata, etc. ~~Exist~~ Existe una imagen errónea de la ciencia.

Respuesta de Paula:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No Sí ¿Por qué?

Porque muestra una imagen errónea del trabajo científico. Considero que un "científico" no debería relacionarse con el género masculino, con una determinada edad, ni con productos químicos, dado que "una imagen vale más que mil palabras" y esto puede producir una representación equivocada en nuestros alumnos/as.

Respuesta de Juan:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia?

No Sí ¿Por qué? → Sí, porque da una impresión, una imagen de que la ciencia no es tan aburrida y sería como se piensa.
No, porque presenta la ciencia como que sólo se puede realizar con experimentos hechos en un laboratorio, y hay más alternativas →

Como se puede apreciar en las respuestas de Lucía, Paula y Ana se evidencia la superación de una visión individualista y elitista del trabajo científico. Lo expresan claramente al explicar que el trabajo científico no depende del género, la edad o una actividad que se practique exclusivamente por genios aislados en un laboratorio. En el caso de Juan, aun estando de acuerdo y en desacuerdo con utilizar la imagen, su explicación se centra más en afirmar estar de acuerdo porque "da una imagen de que la ciencia no es aburrida" y en desacuerdo porque "presenta la ciencia como (algo) que sólo se puede realizar con experimentos realizados en un laboratorio, y hay más alternativas" no se mencionan otros aspectos.

Sin embargo, se puede evidenciar que no presenta dicha visión porque en la pregunta 10 (de C-1), en las frases I, II, III y V (que también apuntan a identificar si se tiene o no dicha visión, ver imagen 2), el estudiante categóricamente está en desacuerdo con dichas afirmaciones y justifica sus respuestas, lo que demuestra la superación de la visión elitista e individualista, sus justificaciones son:

Imagen 1: Frases del cuestionario C-1, que también buscan identificar la visión elitista-individualista.

	De acuerdo	En desacuerdo
I. El trabajo científico se desarrolla individualmente.		<input checked="" type="checkbox"/>
II. La ciencia es más para los varones que para las mujeres.		<input checked="" type="checkbox"/>
III. Hacer ciencia es una actividad reservada para genios (mentes privilegiadas)		<input checked="" type="checkbox"/>
V. Quien se dedique al trabajo científico y/o tecnológico suele ser una persona rara, despistada, ajena a la sociedad y que vive en su mundo.		<input checked="" type="checkbox"/>

“El trabajo en grupo ayuda a ver horizontes nuevos y ver posibles errores”. “No influye nada el sexo (se refiere al género), solo el querer saber más”. “La ciencia no solo es para genios, si no para gente trabajadora y curiosa. Existen muchos modos de ciencia”. Frase 5: “No, ya que solo debe ser una persona que tenga vida social y curiosidad por lo científico. Se puede compaginar” Igualmente, tanto en el caso de de Lucía, Ana y Paula respecto a las frases I, II, III y V de la pregunta 10, las justificaciones que ofrecen a estar en desacuerdo son coherentes con las apuntadas en la pregunta 1, y son las siguientes:

Justificaciones de Lucía: *“llegar a un conocimiento científico suele ser fruto de los estudios de varias personas, e incluso, de estudios pasados, teorías, etc. un científico puede complementar sus estudios con los avances de otros.” “La ciencia es para todos, si puede ser que haya más varones, pero esto es debido a que antiguamente eran los hombres los que tenían acceso a estudios superiores. La mujer estaba en un segundo plano en todos los ámbitos.” “cualquier persona puede plantearse dudas y problemas, ser una persona totalmente sociable, con una vida normal. Aunque sí es verdad que los científicos pasan mucho tiempo sólo, porque dedican mucho tiempo a sus investigaciones.”*

Justificaciones de Ana: *“Creo que en el trabajo científico es muy importante el intercambio de ideas y la ayuda entre compañeros...puede ayudar a avanzar, pues los múltiples puntos de vista enriquecen la investigación”. “La creencia de que la ciencia es más para varones que para mujeres es una creencia infundada por la inexistencia de educación en la escuela. Basta con hojear un libro de texto de ciencias para observar que la mayor parte de científicos de los que se habla son hombres.” “Siempre se piensa en un científico en alguien como Einstein. Sin embargo, existen y han existido muchos científicos/as que con su trabajo diario hacen posible que la ciencia avance” “las personas somos diversas, con diversidad de carácter, no nos agrupamos en una profesión en función de ese carácter (entendemos que la estudiante hace referencia a que las personalidades distintas que pueden tener las personas, no están directamente relacionadas con una u otra profesión)”*

Justificaciones de Paula: *“el trabajo con más personas es importante para ayudarse unos a otros si surgen problemas.”* *“esa (la afirmación II) es una visión machista, ya que una mujer puede trabajar la ciencia igual que un hombre”* *“Todos podemos hacer ciencia”*.

Como puede apreciarse en la argumentación que plantean, los estudiantes del equipo tienen claro el papel del trabajo en equipo y del intercambio de ideas entre grupos como factor determinante para avanzar en la ciencia. Lucía, va un paso más allá y plantea la relación no sólo de trabajo en equipo sino la relevancia de los trabajos previos y de las teorías, lo cual evidencia un acercamiento importante a la superación de una visión aporramática y atórica de la ciencia. Así mismo, se evidencia con claridad que entienden que el trabajo científico no es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas...Juan afirmaba: *“no solo es para genios, sino para gente trabajadora y curiosa”*, Ana planteaba: *“las personas somos diversas, con diversidad de carácter, no nos agrupamos en una profesión en función de ese carácter”* Lucía planteaba: *“cualquier persona puede plantearse dudas y problemas, ser una persona totalmente sociable, con una vida normal.”*

También se evidencia en los cuatro estudiantes el entendimiento de la ciencia como una construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores (como puede pasar a los propios alumnos), por ejemplo, Ana planteaba: *“la ayuda entre compañeros, puede ayudar a avanzar, pues los múltiples puntos de vista enriquecen la investigación”*, Paula afirmaba: *“el trabajo con más personas es importante para ayudarse unos a otros si surgen problemas.”* Por su parte Juan planteaba: *“El trabajo en grupo ayuda a ver horizontes nuevos y ver posibles errores”*.

Todo ello sumamente importante, desde el punto de vista didáctico, ya que contribuirá a que no se transmitan expectativas negativas a los niños y niñas en cuanto a sus capacidades se refiere y en cuanto a los beneficios del trabajo en equipo. Es interesante también, destacar en la argumentación de Ana como se plantea la necesidad de analizar los mismos libros de textos para así poder salir al paso de una visión elitista de la ciencia. Como bien se plantea en varios estudios (Ruiz y Vallejo, 1999; Blanco, 2006; González, 2016) es una tarea imprescindible para romper con visiones estereotipadas de género.

Por otra parte, respecto a la pregunta 1, y en relación con la posible superación de la visión empiro-inductivista, se aprecia, sobre todo, en Lucía, Ana y Juan, la crítica a entender la ciencia como algo exclusivamente relacionado con material complejo, laboratorios, y experimentos poco realistas, Ana incluso hace referencia, aunque de manera superficial, a la formulación *de las hipótesis* en el trabajo científico. Por su parte Juan, también critica en el dibujo, el mostrar la ciencia como algo que sólo puede

realizarse por medio de experimentos realizados en un laboratorio, menciona que “*hay más alternativas*”, pero no expone o explica cuáles. Estas argumentaciones demuestran un apreciable, pero tímido, alejamiento de una visión empiro-inductivista y, por tanto, un punto de partida muy favorable.

Dado que demuestra que nuestros estudiantes universitarios poco a poco van siendo conscientes de la NdC, lo que también evidencia lo crucial que es brindarles en su formación herramientas que les permitan superar del todo dichas visiones. Seguramente, estos datos favorables se deben a que en algún curso anterior hayan trabajado estos aspectos y, efectivamente al preguntarles, confirman Lucía y Ana que el curso anterior lo habían discutido en algunas sesiones de clase. Como se plantea en varios trabajos (Briscoe, 1991; Lederman et al., 1994; Furió, 1995; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Abell, 2007; Abd-El-Khalick, 2013) el conocimiento y reflexión respecto de sus propias concepciones sobre la ciencia y su enseñanza son factores que en un futuro les permitirá actuar como mejores docentes.

Sin embargo, al contrastar con las otras preguntas de C-1 (pregunta 7⁵² y afirmaciones IV, VI y VII de la pregunta 10) que, también apuntan a conocer sus ideas respecto a una posible visión empiro-inductivista, en sus argumentaciones y explicaciones, aun se presenta cierta dualidad, lo cual es normal, al ser una visión muy enraizada, y de acuerdo a la percepción de las preguntas las respuestas pueden cambiar, también como se menciona en una amplia variedad de trabajos (Hodson, 1988; Lakin y Wellington, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Jiménez Aleixandre, 1998; Fernández et al., 2005) es una de las visiones más frecuentemente transmitidas y ampliamente extendidas en los docentes de ciencias, por tanto, nuestros estudiantes universitarios al estar formados conforme a estos planteamientos, es normal que manifiesten la misma tendencia. Las respuestas de nuestros estudiantes a la pregunta 7, fueron:

Respuesta de Ana:

Sí, ya que es necesario comprobar las hipótesis formuladas, y se comprueban por medio del experimento.

52. En la que se pregunta sobre si la ciencia necesita de la realización de experimentos para desarrollarse.

Respuesta de Paula:

Sí, porque si no tenemos una prueba que verifique este hecho todo se quedaría en hipótesis que pueden ser acertadas o no.

Respuesta de Juan:

Sí, ya que un avance científico no puede verificarse si no ha existido un experimento previo donde se ha demostrado dicho avance.

Respuesta de Lucía:

Sinceramente, no lo sé. No soy capaz de decidir la respuesta porque tengo "razones" que cada vez desequilibran la balanza hacia un lado u otro.

Como se puede observar, las respuestas de los 3 primeros alumnos a esta pregunta indican que el experimento (como "prueba" que dice Paula) sirve para poner en cuestión la hipótesis (idea) y, por tanto, su opinión se puede interpretar como que están utilizando un razonamiento hipotético deductivo donde se quiere cuestionar (no "comprobar" como dice Ana) una hipótesis diseñando un experimento para ver en la práctica si se pueden falsar o no.

Dado que no asocian el experimento con una observación única y/o concebida como primer paso de una investigación, no podemos afirmar que se evidencie un razonamiento empirista-inductivista donde se suele utilizar un razonamiento inductivo en el que no se tienen en cuenta las teorías. Sin embargo, como también ocurre en otros trabajos que estudian las ideas previas de los futuros maestros y maestras (Guisasola y Morentin, 2007), fácilmente omiten otro tipo de validación de las teorías como su predictibilidad, universalidad o coherencia dentro del marco teórico existente.

Del análisis de las frases IV, VI y VIII de la pregunta 10, para cada estudiante, se evidencia también la dualidad de la que hablábamos anteriormente. No obstante, dicha tendencia no es marcada, por el contrario, se evidencian matices interesantes que demuestran que pueden, en determinadas circunstancias, alejarse de esta visión distorsionada, veamos:

Juan argumenta estar de acuerdo con las frases IV y VI y en desacuerdo con el VIII, sus justificaciones son las siguientes:

IV. La mayoría de los descubrimientos científicos son consecuencia de la casualidad o una idea genial que ha surgido de repente.	X	
VI. El método científico es básicamente experimental y consiste en un conjunto de actividades que hay que seguir en un orden determinado.	X	
VIII. La ciencia se basa únicamente en los hechos. La imaginación, la creatividad y la duda son buenas para los artistas, pero no para científicos y científicas.		X

IV → Todo fin es buscado, pero existen descubrimientos que han sido hallados accidentalmente o equivocación.

VI → Si para poder realizar un descubrimiento hay que experimentar y llevar una pacha, porque la ciencia es muy peligrosa.

VIII → Tener imaginación puede ayudar a que un científico averigue más ideas y posibilidades de experimentación.

Fijémonos en la justificación de Juan para las frases IV y VI. Se puede apreciar la tendencia, ampliamente extendida (Fernández et al., 2002), del conocimiento científico descubierto por azar y entender el método científico como una serie de pasos rígida para evitar desastres durante un experimento, lo que sí que evidencia, claramente, una visión empiro-inductivista de la actividad científica. Sin embargo, es interesante notar como en la frase VIII asigna a la imaginación un valor importante para ayudar a los científicos a “abarcar más ideas” y también contribuir en los diseños experimentales.

En Paula también se evidencia que, aun estando de acuerdo con la frase VI, con las otras frases se encuentra en desacuerdo y al igual que sus compañeros, entiende la importancia de la imaginación y creatividad para la actividad científica y el papel de las ideas (hipótesis iniciales) y cuestionamiento de las mismas para llegar al conocimiento científico, pero con una inclinación rígida del método científico, veamos:

II. Los descubrimientos son debidos a muchas pruebas y desarrollo de ideas que deben llevarse a cabo para que el descubrimiento funcione.

VI. Para llegar a realizar correctamente un experimento se deben seguir unos pasos concretos y, así, no cometer equivocaciones.

VIII. Tener imaginación, creatividad y visión de duda es bueno para todo tipo de trabajo, ya que te hace innovar y crear expectativas negativas y/o positivas sobre algo concreto.

Lucía, aunque también está de acuerdo con la frase VI, toma distancia con respecto a los otros planteamientos:

Frase IV: Desde mi punto de vista los conocimientos científicos son fruto de un largo estudio.

Frase VI: El método científico consta de una serie de pasos (surge prob., plantea una hipótesis, experimento, recolección de datos, ~~en~~ observación y conclusión), y para llegar a nuestro objetivo no podemos alterar el orden.

Frase VIII: La ciencia se basa en los hechos, pero la imaginación y la creación también desempeñan su papel, a la hora de plantearse un problema, una hipótesis, un posible experimento.

Como se puede apreciar, se evidencia el entendimiento de importantes características de la actividad científica, sobre todo el entendimiento de una labor que es producto del planteamiento de un problema y de hipótesis. Sin embargo, también se aprecia una inclinación hacia una visión rígida del método científico.

Finalmente, Ana se muestra en desacuerdo con todas las afirmaciones, argumentando, al igual que sus compañeros, el papel fundamental de la creatividad, las hipótesis a modo de ideas que guían la investigación, la labor constante y no determinada por el azar para lograr los objetivos planteados. Aunque lo concerniente a los pasos del método científico (frase VI) habla de *unas fases*, pero no menciona a cuáles se refiere:

IV. Yo creo que la mayor parte de descubrimientos son consecuencia del trabajo diario de los científicos/as. No obstante, en algunas ocasiones se habla de "eureka" o "ideas geniales" cuando en realidad son ideas que han sido tomadas de otras disciplinas y se han aplicado a la ciencia. (por ejemplo, Darwin tomó la idea de selección natural de la teoría económica de Adam Smith, según leí en un libro de S.J. Gould)

VI. El método científico no se trata solo de experimentar, sino de formular hipótesis, entre otros pasos.

VIII La creatividad en la ciencia es básica para generar nuevo conocimiento y cuestionar el estado

Así pues, lo que se puede observar en general, es un ir y venir entre ideas que pueden aceptar el método científico como una serie de pasos, un tanto rígida, que ha de seguirse sin alteraciones para lograr un objetivo, pero la claridad respecto a características importantes de la actividad científica como la presencia de hipótesis que necesitan ser cuestionadas y la creatividad como un factor importante dentro de la actividad científica. Como mencionábamos al principio, se nota que estos alumnos, por lo menos se habían planteado, seguramente en el curso anterior, las visiones deformadas sobre la actividad científica. Y, por ello, no aparecen tan claramente las visiones deformadas de la ciencia como en otros trabajos citados.

4.2.1.2 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión descontextualizada de la ciencia

Recordamos que dicha visión se analiza con base en las frases VII y X⁵³ de la pregunta 10:

	De acuerdo	En desacuerdo
VII. El desarrollo científico no tiene nada que ver con creencias, actitudes ante la vida, intereses económicos, políticos, etc.		
La tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos.		

53. Veremos que algunos estudiantes a la frase X la denominan como 2. Ello ha ocurrido porque en algunos instrumentos nos quedaron mal establecidas las numeraciones, pero la afirmación es la número X.

Los resultados obtenidos para cada uno de los estudiantes son los siguientes: Respuestas de Juan (de acuerdo con la frase VIII, en desacuerdo con la frase X):

VII → Por desgracia sí, los avances científicos siempre han sido llevados y guiados por los intereses de gente con más influencia.
- No es una aplicación es una gran ayuda.

Respuestas de Ana (en desacuerdo con ambas afirmaciones):

VII. Muchas activ. científicas son financiadas por multinacionales y, por tanto, no siempre la ciencia es independiente a la sociedad.

II la tecnología es algo más que la aplicación de conocimientos científicos, pero no sabría explicar por qué.

Respuestas de Lucía (en desacuerdo con ambas afirmaciones):

FRASE VII: En mi opinión, el desarrollo científico está totalmente ligado a intereses económicos, creencias, política, etc. Si no hay dinero, no se dedica un presupuesto para investigación, ~~se financia~~ en función del tipo de ciencias. Se investigará y estudiará o no, etc.

F. II: la tecnología no ~~es~~ es la aplicación de conocimientos científicos, sino que ~~tiene~~ ~~es~~ ~~es~~ ^{es} el origen de muchos conocimientos científicos.

Respuestas de Paula (en desacuerdo con frase VII, de acuerdo con frase X):

VII. Muchas de estos factores influyen en el progreso de la ciencia, ya que si el gobierno no tiene intereses económicos no lleva a cabo muchos planes, y como con la economía si no hay dinero en ciertos momentos se dejara de darselo a la ciencia.

2. En tecnología se aplican muchos conceptos científicos para poder demostrar y llevar a cabo la tecnología.

Como se puede apreciar, los estudiantes del equipo no presentan, del todo, una visión descontextualizada de la ciencia, ya que en sus argumentaciones plantean la influencia de la política y la economía en la actividad científica, aunque, Lucía es la única que plantea la influencia de las creencias y cultura del que investiga. En cuanto a la relación ciencia y tecnología, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (Juan, Lucía, Ana) perciben una correlación más allá de concebir la tecnología como mera aplicación de la ciencia, pero no logran argumentar con profundidad por qué lo consideran así.

Lo cual es de esperar, dado que es una típica visión descontextualizada de la ciencia que se comienza a tener desde los colegios y reforzada por los libros de textos en donde se muestran algunas relaciones ciencia-tecnología, pero se reducen a la enumeración de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos (Solbes y Vilches, 1997). Fernández et al. (2002) plantea que una simple reflexión sobre el desarrollo histórico de ambas ya podría ayudar a los docentes a comprender que la actividad técnica ha precedido en milenios a la ciencia, así se permitiría comenzar a romper con la idea común de la tecnología como subproducto de la ciencia, como un simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de artefactos (lo que refuerza el supuesto carácter neutral, ajeno a intereses y conflictos sociales, del binomio ciencia-tecnología).

4.2.1.3 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión rígida-algorítmica y la visión aproblemática-ahistórica de la actividad científica

Como mencionábamos en el marco teórico, las visiones distorsionadas suelen ir relacionadas unas con otras, por ello, pese a que las frases VI y VIII de la pregunta 10, ya los hemos discutido en el subapartado 4.1.1.1, también los discutiremos en este subapartado, pero centrándonos en su relación con la visión rígida-algorítmica y aproblemática-ahistórica.

	De acuerdo	En desacuerdo
VI. <i>El método científico es básicamente experimental y consiste en un conjunto de actividades que hay que seguir en un orden determinado.</i>		
VIII. <i>La ciencia se basa únicamente en los hechos. La imaginación, la creatividad y la duda son buenas para los artistas, pero no para científicos y científicas.</i>		

Así pues, respecto a la presencia de una posible visión rígida y algorítmica hemos encontrado: Respuestas de Ana (en desacuerdo con ambas frases):

VI. El método científico no se trata sólo de experimentar, sino de formular hipótesis, entre otras fases.

VIII. La creatividad en la ciencia es básica para generar nuevo conocimiento y cuestionar el estado.

Como se puede apreciar en las justificaciones de Ana, existe claridad en cuanto al papel de la imaginación y la creatividad para el desarrollo y crecimiento de la actividad científica. Por otra parte, también es clara su idea de que el método científico no se basa sólo en la experimentación y sí en la necesidad de una fase de formular hipótesis entre otras fases que no describe. Es decir, relativiza la experimentación y destaca la formulación de hipótesis como característica del método científico.

Respuestas de Paula (de acuerdo con la frase VI, en desacuerdo con VIII):

VI. Para llegar a realizar correctamente un experimento se deben seguir unos pasos concretos y, así, no cometer equivocaciones.

VIII. Tener imaginación, creatividad y visión de duda es bueno para todo tipo de trabajo, ya que te hace innovar y crear expectativas negativas y/o positivas sobre algo concreto.

En la respuesta a la frase VI, Paula justifica estar de acuerdo con que el método científico consta de una serie de pasos que hay que seguir en un orden adecuado para evitar cometer errores. La visión infalible del método científico se hace presente en esta justificación ya que se conciben los posibles problemas o datos inesperados como algo malo dentro de la actividad científica. Sin embargo, percibe la imaginación y la creatividad como factores importantes para la actividad científica.

Respuestas de Juan (de acuerdo con la frase VI, en desacuerdo con VIII):

VI → Si por qué se realiza un experimento hay que experimentar y llevar un parte, porque la ciencia es muy peligrosa.

VIII → Tener imaginación puede ayudar a que un científico cree que más ideas y posibilidades de experimentar.

En la respuesta a la frase VI, Juan justifica estar de acuerdo con que el método científico consiste en hacer experimentar y una serie de pasos dado que para producir un descubrimiento ha de experimentarse ordenadamente (*"llevar una pauta"*), de hecho, el estudiante afirma que la ciencia es muy peligrosa, suponemos que en el sentido de que hay que controlar los experimentos para evitar accidentes. De todas formas, se evidencia la tendencia rígida e infalible respecto al método científico más no, respecto al papel de la creatividad y la imaginación.

Respuestas de Lucía (de acuerdo con la frase VI, en desacuerdo con VIII):

FASE VI. El método científico consta de una serie de pasos (Surge prob., plantea una hipótesis, experimento, recolección de datos, ~~en~~ observación y conclusión), y ~~este~~ para llegar a nuestro objetivo no podemos alterar el orden.

La ciencia se basa en los hechos, pero la imaginación y la creación también desempeñan su papel, a la hora de plantearse un problema, una hipótesis, un posible experimento.

Al igual que sus anteriores compañeros, Lucía presenta una visión rígida dado que afirma que el método científico ha de seguirse de acuerdo con un orden dado y una serie de pasos para poder lograr el objetivo que se propone, aunque destaca el papel de la imaginación y creatividad para el desarrollo de actividad científica. Es de destacar en esta estudiante que menciona aspectos clave como el planteamiento de problemas, hipótesis y diseños experimentales como factores importantes de la actividad científica, lo cual está en contra de una visión empirista de la ciencia como ya hemos visto anteriormente.

Como se aprecia en nuestros estudiantes y se evidencia también en otros trabajos (Fernández et al., 2005), estas concepciones se introducen desde muy temprana edad en la etapa escolar bien sea por las propias ideas de los profesores de ciencias o por los libros de texto donde se muestra el método científico como una serie de pasos rígidos e inamovibles. Autores como Hodson (1992) también manifiestan que la concepción rígida está arraigada en los estudiantes y se pone particularmente en evidencia en lo que respecta a la evaluación en la educación científica, dado que existe una preocupación obsesiva por evitar la ambigüedad y asegurar la fiabilidad de las evaluaciones, lo que distorsiona la naturaleza misma del trabajo científico, esencialmente difuso e incierto.

4.2.1.4 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión acumulativa y de crecimiento lineal de la ciencia.

Recordemos que dicha visión se valora con la frase IX de la pregunta 10 junto con las preguntas 8 y 9. Así pues, para los estudiantes del equipo 1 se presentan las siguientes respuestas: Respuestas de Paula (no responde a la pregunta 8):

9. Después de desarrollarse una teoría científica (como p.e. la teoría atómica, la teoría de la evolución, la teoría de la mecánica ...) vuelve a cambiar alguna vez?
- a. Si opinas que no cambia explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
 b.1. Si opinas que la teoría cambia, explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
 b.2. En este caso, explica por qué tenemos que molestarnos en estudiar las teorías científicas.

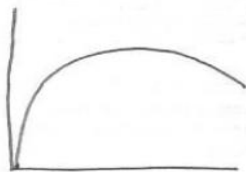
(A) Porque si las teorías cambiasen muy a menudo se crearía un desconcierto, y ya no se sabría que es cierto y que no lo es. Pueden sufrir pequeñas modificaciones con el paso del tiempo, pero no de gran notabilidad.

El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.	X	
--	---	--

Lo nuevo complementa a los conocimientos anteriores, y así, aumenta su desarrollo.

Respuestas de Lucía (preguntas 8 y frase IX de pregunta 10) no responde a la pregunta 9:

8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representa una gráfica y justifica la gráfica realizada.



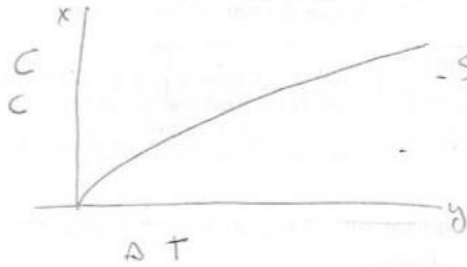
Comenzamos desde cero, y hemos ido evolucionando hasta llegar al nivel más alto. Sin embargo, opino que los muchos problemas que dicho avance ha ido provocando hacen que volvamos a descender.

El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.		X
--	--	---

El desarrollo de la ciencia es creciente y acumulativo, pero estoy en desacuerdo cuando dice que "se van acumulando, sin problemas", a los conocimientos anteriores; ya que muchas veces surgen contradicciones.

Respuestas de Juan (preguntas 8, 9 y frase IX de la pregunta 10):

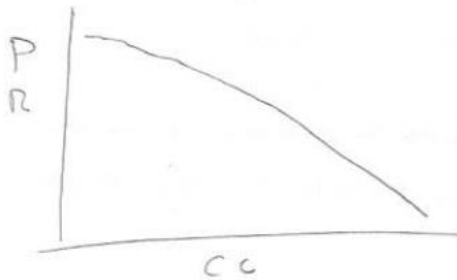
8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representa una gráfica y justifica la gráfica realizada.



- Según se ha ido avanzando tecnológicamente se ha podido ir creciendo científicamente ya que han abierto un gran abanico de posibilidades a la hora de realizar las pruebas / experimentos.

CC = conocimiento científico.

AT = avances tecnológicos.



- A lo largo de la historia la religión (sea cual sea) ha sido un gran lastre para la ciencia, ya que esta desmentaba toda teoría escrita por los religiosos y a la larga contra el poder establecido.

PR = Pérdida de la religión / santidad.

CC = Conocimiento científico.

también influyó mucho la sociedad donde en la cual sucedía el avance científico

9. Después de desarrollarse una teoría científica (como p.e. la teoría atómica, la teoría de la evolución, la teoría de la mecánica ...) vuelve a cambiar alguna vez?

- a. Si opinas que no cambia explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
- b.1. Si opinas que la teoría cambia, explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
- b.2. En este caso, explica por qué tenemos que molestarnos en estudiar las teorías científicas.

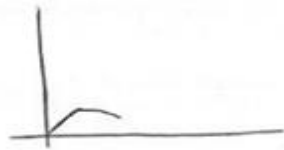
- toda teoría científica aceptada proviene de una investigación, que está realizada por unos artefactos tecnológicos, por ello aunque las bases sean las correctas, gracias a los avances tecnológicos se pueden perfeccionar las teorías aceptadas, ya que en la época donde en la que fueron descubiertas no se tenía la tecnología de hoy en día. Lo mismo ~~para~~ pasa con los que se descubren en la actualidad.

El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.		X
--	--	---

- Casi siempre la ciencia avanza, pero en ocasiones los experimentos fallan y hay que volver a antiguas fórmulas

Respuestas de Ana (pregunta 8 y frase IX de la pregunta 10), la estudiante no responde a la pregunta 9:

8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representalo en una gráfica y justifica la gráfica realizada.



Creo que habría una subida al principio, cuando se empezó a enseñar y a que la población pasara a estudiar, pero creo que en un momento hubo un parón y cada vez disminuye, ya que según los estudios la gente tiene muy poca idea de conocimiento científico.

	De acuerdo	En desacuerdo
El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.		X

El conocimiento no siempre es acumulable, existen pueden existir nuevas teorías que refuten antiguas teorías o las modifiquen parcialmente.

Como se aprecia en las gráficas y sus explicaciones de la frase IX, Todos presentan una concepción de ciencia siempre creciente, que principalmente se debe a los avances tecnológicos, los cuales permiten detectar “fallos” anteriores y “avanzar más en los conocimientos”. Los estudiantes del equipo no contemplan periodos de estancamiento, sin embargo, en el caso de Lucía, Juan y Ana, se evidencia una comprensión en cuanto al carácter tentativo de los conocimientos dado que argumentan que pueden existir confrontaciones entre teorías o fallos que implican revisar los conocimientos existentes. En el caso de Paula, se evidencia una concepción marcada en cuanto a una ciencia acumulativa y de crecimiento lineal, pese a que no propone ninguna gráfica (pregunta 8), en la pregunta 9 y frase IX (pregunta 10) expone claramente su idea de conocimiento acumulativo.

Así mismo en las gráficas de Lucía y Ana, al final de las mismas (lo que correspondería al periodo actual), se aprecia una involución del conocimiento científico, que justifican en términos de *los problemas que puede generar el avance científico*, al preguntar a Lucía sobre esta afirmación hace alusión principalmente a la contaminación del planeta y que *“no se hace nada con respecto al cambio climático, la capa de ozono...más bien las grandes multinacionales siguen contratando a científicos para crear nuevos productos que no sabemos si son buenos o no del todo”*. Ana por su parte, justifica su gráfica en términos

de que cada vez la gente en general tiene menos idea o interés por el conocimiento científico.

En resumen, debido a la enseñanza anterior recibida, por algunas integrantes del equipo, sobre estas visiones deformadas de la ciencia, no son tan claramente negativas como se ha visto en los artículos citados. Es de destacar, como aparece muy claramente en Ana y Lucía que la tarea de formular hipótesis es una característica fundamental de la investigación y ya no resaltan la observación o la experimentación como lo esencial del método científico, como hace por ejemplo Juan. Otro tanto, por ejemplo, pasa con la visión acumulativa lineal, ya que, mientras Paula considera que el desarrollo de la ciencia es siempre creciente, en cambio, no es esa la opinión de Ana y de Lucía.

En este caso, Juan usa un razonamiento especial donde relaciona el crecimiento acumulativo de la ciencia con el de la tecnología y, en cambio, presenta un decrecimiento del conocimiento científico con el avance de la religión. Aspectos que no se preguntaban. También, es de destacar para todos los integrantes su distanciamiento respecto a la visión descontextualizada socialmente de la ciencia, la cual en todo momento argumentaban que es una actividad que se construye necesariamente en equipos de trabajo que están conformados por personas en los que no debería haber distinción de género o procedencia.

4.2.2 ¿Qué conocimientos previos tienen los estudiantes del equipo 1 sobre el contenido a enseñar (el sonido y sus características)?

Otro de los aspectos que contemplamos fundamental, dentro de nuestro marco teórico, hace referencia a conocer cuáles son las ideas de los futuros maestros con respecto a los contenidos científicos que el currículo de Educación Primaria contempla. En particular para este equipo, las ideas respecto al Sonido. Así pues, en la sesión 4 implementamos el cuestionario E-1a (instrumento de ideas previas que consistía en responder a las preguntas: ¿Qué creéis que es el sonido? ¿Qué características creéis que tiene?). Los resultados a partir de este instrumento son los siguientes:

Lucía: “El sonido se escucha por el sentido auditivo. Se genera mediante ondas que chocan y rebotan en los objetos, como los instrumentos musicales que producen sonidos cuando los tocamos. Creo que también tendrá un tono, grave o agudo, también un timbre e intensidad...en el conservatorio trabajamos eso...sinceramente no se me ocurre nada más”

Ana: “El sonido es parte de todo lo que nos rodea, científicamente hablando es un ruido que se produce por ondas sonoras. El sonido puede provocar movimiento porque las ondas se mueven y se pueden encontrar en diferentes superficies o lugares. El sonido no tiene cuerpo ni forma, podemos percibirlo por el sentido auditivo. Si se produce un sonido puede llegar a tener un volumen tan alto que produce daño.”

Paula: “El sonido es lo que se escucha cuando tocamos o golpeamos objetos, como los instrumentos musicales o cuando aplaudimos. Las orejas son muy importantes para el sonido, porque si tuviésemos algún problema en ellas...es decir, si tuviésemos un defecto de nacimiento, o un accidente y se afectara algo dentro del oído, no escucharíamos nada. Hay sonidos graves y agudos (como los tipos de voces de los cantantes)”

Juan: “El sonido se define como el ruido que genera alguna cosa al ser encendida (altavoces), golpeada, movida... los sonidos pueden ser fuertes y débiles, además de ser algo que estimula nuestro sentido auditivo”

Como se puede apreciar, se evidencia que sus ideas previas, en torno al sonido y cómo oímos, son idénticas a las expresadas por estudiantes de varios niveles educativos (secundaria, bachillerato y 2º curso de magisterio) mostradas en estudios como los de Linder (1992) y Perales (1997; 2003). En estos estudios, se encuentran que la mayoría de los estudiantes intentan definir el sonido por su causa, por ejemplo, explicando que *el sonido es lo que se produce cuando se golpea un objeto con otro*. Así mismo, es muy común en el lenguaje cotidiano encontrar que los estudiantes suelen definir el sonido por sus efectos auditivos (sensaciones percibidas por el oído), por ejemplo, cuando expresan que *es lo que se percibe por el oído*; así como también el identificarlo como *ruido producido por...*en sus estudios también se encuentra que sólo unos pocos estudiantes definen el sonido como *onda que se mueve a través del espacio*.

Hay muy pocos estudiantes que definan en el nivel macroscópico el sonido como las vibraciones producidas en un objeto, que se transmiten a través de un medio elástico, como por ejemplo el aire, en forma de ondas de presión. Y, muchos menos que, en el nivel nanoscópico, citen que la propagación del sonido o de las ondas sonoras se realice al propagarse las vibraciones de las partículas, más o menos ligadas, del medio material con el que está en contacto el objeto vibrante. Con lo cual, la idea, físicamente hablando del sonido como onda de presión producida por la transmisión de las vibraciones de un objeto a través de un medio elástico, sin transporte de materia, pero sí de energía, está bastante lejos de ser comprendida significativamente por los estudiantes de distintos niveles educativos (Rico et al., 2021).

En nuestros estudiantes en particular, se aprecian explícitamente las siguientes ideas: Paula empieza diciendo que *'el sonido es lo que se escucha'* y Ana y Juan lo hacen diciendo que *'el sonido es un ruido'*. Por otra parte, respecto a la cuestión sobre cómo se crea o genera el sonido, Lucía y Ana expresan que *'el sonido es creado por las ondas'* sin que expliquen en qué consisten estas ondas. Es decir, no tienen en cuenta la producción inicial de vibraciones al golpear un objeto como indica Juan.

Y respecto a la cuestión de cómo se transmite o propaga el sonido ni Juan ni Paula se lo plantean. En cambio, en los casos de Lucía y Ana se aprecia cierto avance, al hablar de *ondas que chocan y rebotan* o de *ondas sonoras*, lo que podría mostrar que asimilan el sonido como una entidad que se mueve en el espacio (que podría ser una idea inicial de propagación de la vibración). Ello supone en sí mismo un avance cualitativo importante, ya que muestra indicios de atribuir la propagación en un medio (si bien, ninguno de los cuatro explicita que el sonido o la onda sonora necesita de un medio material como el aire para propagarse), pero, sin embargo, el mecanismo de la transmisión de estas ondas de presión dista mucho de ser comprendida.

Es decir, nótese que ninguna de las dos estudiantes explica lo que significa para ellas "onda sonora", así como tampoco qué es lo que "se propaga". En el caso de Ana, aunque al igual que sus compañeras menciona las palabras *ondas sonoras*, se nota también una confusión importante dado que afirma que *"se pueden encontrar en diferentes superficies o lugares..."* lo que podría interpretarse como la necesidad de atribuirle al sonido una especie de forma material que está contenida dentro de los objetos.

En cuanto a la propagación del sonido, no se evidencia ninguna idea, aunque fuera simple, respecto a los diferentes medios materiales de propagación, mucho menos, respecto a su dependencia de la variable velocidad. Como se puede ver en sus definiciones, todos sus ejemplos contemplan escenarios donde el aire es el medio de propagación. Sí que es interesante que, dada la relación con la música que tienen tres de los integrantes del equipo (algunas de ellas han ido al conservatorio), mencionen atributos que, de normal, no se tienen en cuenta por la mayoría de estudiantes en niveles básicos tales como el timbre, la frecuencia y la intensidad.

Además de lo anterior, se presentan claras ausencias de aspectos conceptuales que los maestros deberían conocer. Por ejemplo, a través de sus respuestas queda de manifiesto que ninguno de los cuatro tiene claras tres ideas fundamentales: la primera es que al golpear los objetos se producen vibraciones en dichos objetos; la segunda idea es que estas vibraciones se transmiten a través de las partículas del aire en forma de ondas de presión constituyendo lo que llamamos sonido y la tercera idea, es que lo oímos porque

al llegar la onda al oído hace vibrar el tímpano (membrana ligada a la cadena de huesecillos del oído medio) y a través de los nervios del oído se transmite al cerebro. Paula es la que está más cerca de aceptar la existencia de vibraciones al expresar “*el sonido se escucha cuando tocamos o golpeamos objetos*” pero no acaba de citar las vibraciones del objeto. Otro asunto importante es cómo se explica esta transmisión pues, aunque Ana y Lucía indican que “*se generan ondas*” o “*que se transmiten por ondas sonoras*” no justifican en qué consisten estas ondas o, mejor aún, cómo se realiza la transmisión de las vibraciones iniciales. Es decir, usan la expresión ‘ondas sonoras’ pero no clarifican su significado.

Ninguno de los estudiantes interpreta la transmisión del sonido como una onda de presión donde son las moléculas de aire las que vibran chocando con las más próximas. Y aunque este mecanismo es de nivel nanoscópico sería conveniente introducirlo incluso en la educación primaria -y, en particular, en el curso universitario- para poder derivar otras consecuencias como, por ejemplo, aceptar que las vibraciones también se producirán en líquidos y sólidos y, además, se puede justificar cualitativamente la hipótesis de que cuánto más próximas estén las partículas en un medio más ‘denso’ mayor habrá de ser la velocidad del sonido, es decir, de la onda sonora. Y aunque alguna respuesta de los estudiantes diga ‘que la onda sonora se propaga por el espacio’ conviene clarificar que el espacio sideral es un medio, pero prácticamente sin materia y, por tanto, no se pueden producir sonidos o sea no puede haber ondas sonoras.

En este sentido se puede plantear al alumnado la crítica de alguna película de ciencia ficción que presente imágenes de explosiones con mucho ruido como, por ejemplo, al chocar dos meteoritos situados en el espacio sideral con el fin de que puedan llegar a concluir que no es posible la transmisión de las vibraciones producidas inicialmente en aquel espacio porque no hay ningún medio material que pueda propagarlas.

Después de obtener sus ideas previas y, como habíamos expuesto en el capítulo 3, les pedimos a cada uno de los integrantes del equipo que consultase (en las fuentes que considerasen necesarias) sobre qué es el sonido y cómo oímos. La organización, posibles resúmenes o mapas conceptuales que hiciesen al respecto debían traerlo a la primera tutoría (instrumento de ideas previas E-1b). Como explicábamos en el capítulo 3, las tutorías nos permitían valorar, de acuerdo a las ideas y discusiones generadas en la misma, hasta qué profundidad querían llegar los integrantes del equipo en cuanto a la comprensión de los conceptos, qué ideas científicas establecen como punto de partida para trabajar en las aulas con los niños y niñas y, qué justificación dan sobre la importancia de enseñar esas ideas.

Para este equipo en particular esperábamos que la discusión girara en torno a las ideas establecidas en el cuadro 7 (presentado en el apartado 3.4.2.3). Así pues, durante la tutoría 1 recogimos el instrumento E-1b (esquemas, resúmenes, etc. aportados por los estudiantes, después de consultar en la bibliografía necesaria, sobre las ideas científicas a trabajar). A continuación, mostraremos el material aportado por cada integrante, salvo el de Juan, dado que su aportación corresponde a la definición de Wikipedia y nos ha parecido que no tiene relevancia como evidencia para analizar las estrategias que utilizan para entender un contenido. Sí que es interesante notar a partir de ello la problemática que se presenta en las aulas de todos los niveles: los estudiantes están demasiado acostumbrados a memorizar conceptos y apuntar definiciones en sus libretas que, la mayoría de las veces, no suelen comprender.

Durante la tutoría al preguntarle sobre esa definición, expone: *“que el sonido es una onda que se mueve a través de medios elásticos”* al preguntar qué entendía por “onda” y “medio elástico” responde que no sabe lo que significan, pero: *“sí que me queda claro ahora, que no se puede escuchar nada en el espacio exterior donde no hay aire...pensaba que como no se pueden quitar el traje espacial (porque morirían, claro) nadie lo había hecho, pero que sí que se podría...ahora sé que no, que el sonido no puede moverse en el vacío”*. Los esquemas y resúmenes aportados por los otros integrantes del equipo son los siguientes:

Lucía:

IDEA	ACTIVIDAD/ES PROPUESTAS
1. El sonido es una forma de energía.	<ul style="list-style-type: none"> · Golpear el diapasón e introducirlo en un recipiente con agua → veremos cómo salpica. · Golpear el diapasón y aproximarlo a una pelota de ping-pong hasta tocarla (tiene que estar colgada) → se moverá.
2. El sonido se produce por la vibración de un cuerpo (materia).	<ul style="list-style-type: none"> · Colocar los dedos en la garganta y comprobar que ésta vibra cuando hablamos, cantamos, tarareamos, etc.
3. El sonido se propaga por medio de ondas.	<ul style="list-style-type: none"> · Recrearemos el famoso “teléfono de latas”, y comprobaremos que funciona: en efecto, el sonido se propaga por medio de ondas.
4. El sonido se propaga en cualquier estado, ya sea sólido, líquido o gaseoso.	<ul style="list-style-type: none"> · Apoyar el oído en un extremo de la mesa y taparnos el otro (oído) mientras un compañero la golpea desde el otro extremo (de la mesa) → podremos escuchar. · Llenar una bolsa de plástico de agua, colocar un reloj de tic-tac en una de sus paredes y nuestra oreja en otro. Taparnos el oído: seguimos escuchando.
5. No hay sonidos en el vacío.	<ul style="list-style-type: none"> · Colocamos un reloj/móvil dentro de un recipiente o una bolsa de plástico, y a continuación extraemos todo el aire con una bomba de vacío. Al llamar al móvil o hacer sonar la alarma, no escucharemos ningún sonido, o muy poco; dependerá del vacío que hayamos podido conseguir.
6. No podemos escuchar todos los sonidos (concretamente, aquellos incomprendidos entre 20 y 20.000 vibraciones por segundo).	<ul style="list-style-type: none"> · Hacer sonar uno de esos “silbatos de ultrasonidos para perros”. Ellos (los perros) podrán escucharlo, pero nosotros no.
7. Podemos escuchar porque las ondas de los sonidos llegan a nuestro cerebro a través de un nervio (nervio acústico).	<ul style="list-style-type: none"> · Tapar nuestras dos orejas mientras un compañero golpea un diapasón y apoya su mango en nuestra cabeza → aunque nuestro oído no ha recibido onda alguna, el nervio acústico la ha transmitido al cerebro, haciendo posible su audición.

* Posibles en duda: Diferencia de unos sonidos con otros.- Diferencia entre ruido y sonido.- Funcionamiento de instrumentos musicales (resonancia, etc.)

En este cuadro aportado por Lucía se puede apreciar que al consultar aparecen más ideas respecto al contenido a enseñar, algunas de ellas muy importantes y bien explicadas, por

ejemplo, la que aparece en el punto 2 donde ya se evidencia la vibración como punto de partida para la existencia del sonido y, el punto 7, donde se reconoce el oído como un órgano receptor de ondas acústicas interconectado con el cerebro para reconocer lo que denominamos sonido. Sin embargo, otras de estas ideas podemos decir que siguen formando parte del conjunto de ideas previas *a clarificar*, más que un conjunto de contenidos e ideas científicas que sirvan a los estudiantes como punto de partida para plantear una secuencia de enseñanza.

Y, por tanto, siguen evidenciándose el desconocimiento de ideas importantes que habrá que discutir durante la tutoría (esto es una constante para todos los integrantes del equipo). Lo que, de nuevo, nos lleva a reiterar la importancia de discutir y analizar didácticamente con los estudiantes (en formación docente) el contenido a enseñar, así como sus inquietudes y problemas para que así el grupo tenga claridad respecto al contenido a trabajar, como bien se plantea en varios estudios (Martínez-Chico 2013; Forbes y Biggers, 2012; Gil et al., 2008; Lieberman y Pointer, 2008; Furió y Carnicer, 2002a; García y Sanmartí, 2006).

En el punto 1 planteado por Lucía, se puede ver como confunde formas de energía con forma de transferir la energía del objeto vibrante al medio material contiguo (en el fondo sencillamente se puede sustituir la frase 1 del cuadro de Lucía por *“El sonido es una fuente ‘pequeña’ de energía”*). Esta confusión entre forma de energía y fuente de energía ha sido detectada por la investigación didáctica en estudiantes de Magisterio y, también, en maestros de Primaria (Trumper, 1997; Kruger et al., 1992; Isabelle y de Groot, 2008). Cuestión importante a tratar durante la tutoría, ya que los estudiantes universitarios pueden creer que la energía se materializa en el sonido cuando, en realidad, la energía es una idea abstracta (Trumper, 1997). En el punto 3 aunque se admite que el sonido se propaga por medio de ondas, se desconoce la explicación de las mismas, nótese que la estudiante omite por completo dicha explicación.

En el punto 4 y 5 se nota que aún le falta entender que son las vibraciones de las partículas (de los sólidos, líquidos o gases) las que se transfieren y por ello hay propagación, lo que desde luego explica el hecho de que en el vacío no haya propagación del sonido. Vemos como la estudiante apunta como puntos claros lo que entiende a nivel macroscópico de la propagación pero no hay una explicación nanoscópica. Aún así, es de resaltar para esta estudiante que autonomamente fue relacionando las ideas científicas a trabajar con posibles actividades, vemos como en su cuadro, cada idea se relaciona con una actividad, este trabajo sólo lo realizó ella, lo que evidencia en Lucía una preocupación por intentar relacionar los contenidos con la posible forma de enseñarlos a los niños y niñas.

Ana:

El sonido se comporta como ondas. ?

El sonido es una forma de energía producida por la vibración de la materia.

El sonido se propaga por medio de los sólidos.

El sonido se propaga por medio de l'aire.

El sonido se propaga por medio de líquido.

El sonido no se propaga en el vacío.

Sonido

- Sonidos musicales**
 - Agradable al oído
 - Serie regular de vibraciones con altura definida.
 - Placentero
 - Concordancia entre tono fundamental y sus armónicos.
↓
Se puede estudiar
- Ruido**
 - Molesto
 - Serie irregular de vibraciones sin alturas.
 - Produce irritación.
 - El tono obtenido es irregular e incoherente entre sus tonos fundamentales y armónicos.
↓
No se puede estudiar

En las ideas aportadas por Ana, ella misma apunta que no sabe lo que significa que el sonido se comporte como una onda, y es muy significativo su signo de interrogación, ya que reconoce que desconoce un aspecto que considera relevante como parte del contenido. Vemos también que igual que ocurre con Lucía, confunde forma de energía con forma de transferir la energía del objeto vibrante al medio material contiguo.

Igual que como ocurre con sus compañeras reconoce que existe propagación en los tres estados de la materia pero no menciona que se refiere a la propagación de las vibraciones, e igualmente se evidencia la falta de explicación del por qué el sonido no se propaga en el vacío, evidentemente porque no se asocia a la ausencia de vibración al no haber partículas (sólidas, líquidas o gaseosas). Al igual que ocurre con Paula, plantea las diferencias entre ruido y sonidos musicales como aspecto importante a tratar.

Paula:

entender que son las vibraciones^{¿?} las que producen sonido y que este se propaga tanto en sólidos como en líquidos y en gas, además de comprender que no existe propagación del sonido en el vacío.

Otra de las ideas o nociones que se podía incluir es la diferencia entre ruido y sonido.

Nociones básicas acerca del oído.

En las ideas aportadas por Paula después de la consulta, vemos como ella misma resalta la palabra *vibraciones* y signos de interrogación, lo que nos muestra que en la bibliografía consultada no estaba del todo explicado que se hacía referencia a la vibración de las partículas de los materiales, por ello la idea respecto a la no propagación del sonido, pese a que está puesta de modo general, no está explicada, igual que pasó con su compañera Lucía. Otra parte que considera importante Paula, hace referencia a la diferencia entre sonidos y ruidos y, aunque no escribió nada al respecto, durante la tutoría sí que nos cuenta que entendió esto así: *“ruido son de frecuencia irregular, sin alturas definidas. En cambio, los sonidos, son de frecuencia regular y tienen altura definida, como la música”* (Convendría haber preguntado a la estudiante el significado de *altura del sonido*, aunque podemos suponer que al ser estudiante de música se refería a la amplitud de la onda).

A diferencia de Lucía que pone este aspecto en duda para trabajarlo con los niños, Paula sí que defiende la necesidad de que se toquen estos temas *“porque afectan a los niños y a todos, no sólo físicamente porque se dañe el oído y tal...al escuchar todo el tiempo ruidos altos, sino porque creo que afecta el comportamiento... ¿no?... nos volvemos agresivos ¿no?”*. Finalmente, la estudiante también menciona la importancia de introducir nociones básicas del oído, sin embargo, no pone cuáles serían estas nociones.

En general, de estas ideas aportadas en los resúmenes y el diálogo establecido en la tutoría 1, se denota en 3 de los estudiantes de este equipo la preocupación por separar las ideas fundamentales que consideran aptas para enseñar en Educación Primaria y que desde su punto de vista son más fáciles de entender, nótese que ninguna de las tres integrantes intenta definir el sonido con un concepto abstracto como lo es: onda mecánica, o utilizar las palabras frecuencias altas o bajas (en el punto 6 del cuadro presentado por Lucía se aprecia), de hecho el resto de integrantes no buscan información al respecto. Tampoco se evidencia en los mismos la presencia de otras características del sonido como son: timbre e intensidad.

Lo cual es muy interesante porque nos muestra cómo centran su atención en lo estrictamente necesario para ser enseñado. De los 4 integrantes, Paula y Lucía son las únicas que apuntan algo sobre la necesidad de enseñar la función del oído, es decir, parecen percibir la relación entre el oído y su función como receptor del sonido y por tanto un aspecto muy importante a ser enseñado. Todo ello es interesante porque nos permite entender que los integrantes del equipo intentan contextualizar los contenidos para así entenderlos y clasificar directamente lo que quieren enseñar. En este equipo en particular, al fijarnos en sus ideas y las que pretendíamos trabajar (ver cuadro 7) se puede apreciar que ellos mismos han llegado a algunas de las ideas clave a tratar, gracias al trabajo previo que han realizado individualmente de búsqueda y organización de la información encontrada.

Sin embargo, durante la tutoría también se aprecia en los integrantes del equipo cierta reticencia a querer trabajar la idea de onda con los niños y niñas, principalmente porque ellos mismos tenían bastantes dudas al respecto y la consideraban muy complicada. Lo cual esperábamos, ya que como se aprecia también en varios trabajos (Metz, 1995, 1997; Schwarz et al., 2007, 2009a; Minner, 2010), los maestros(as) suelen pensar que determinados contenidos en primaria suelen considerarse “*más importante o más coherentes con el desarrollo cognitivo de esas edades*” que contenidos como onda, energía, electricidad, partículas.

En el estudio de Metz (1995, 1997), por ejemplo, se muestra que la mayoría de maestros norteamericanos creen que los niños de primaria no pueden pensar de forma abstracta; dan sentido al mundo, sobre todo a través de procesos de clasificación y relación de objetos, y no con explicaciones y no pueden usar la planificación de experimentos para cuestionar sus ideas. Lo cual, evidentemente, les coacciona tanto para elegir contenidos a enseñar como la forma de enseñarlos. Del mismo modo, suele asociarse el término “*experimento*” a una actividad muy sofisticada para poner en cuestión una idea, cuando puede ser una simple prueba a describir por una niña o niño.

Así pues, al preguntar a los integrantes la razón por la cual no quieren trabajar con los niños la idea de onda, Paula expone: “*yo creo que primero tenemos que centrarnos en estos aspectos que son más importantes ¿no? (hace referencia a los aspectos: diferencia entre sonido y ruido, medios de propagación del sonido) ...porque son más básicos...yo misma, por ejemplo, creía que el sonido era ruido, y me encuentro con que no, con los niños será igual ¿no? ...tenemos que aclarar esto primero antes de las otras características... yo por lo menos pienso que es lo mejor*” Lucía interviene: “*Sí, sí, me parece que deberíamos hacerlo así, porque yo también creo que estas ideas son lo importante...*”

Paula interviene: “Sí, pero yo igual que Juan, no entiendo esto de onda, y esto de las vibraciones... ¿es como una cuerda de guitarra? ¿a eso se refiere?... ¿hace falta trabajar ese concepto con los niños? ...es decir el de la palabra onda, porque yo creo que eso es muy...abstracto...vamos...” Juan interviene: “pienso igual, ya hemos dicho que la unidad didáctica será para tercero, no veo yo la necesidad de mencionar onda...en cambio, lo del vacío es interesante...” después de intervenir, como tutora, para mediar en la discusión y aclarar que independiente de si se trabaja en el aula o no cierta idea científica, como maestros se debe saber lo que hay que enseñar, de la forma más completa posible.

Así entonces, empezamos a aclarar las dudas en cuanto al concepto de onda sonora, en términos de perturbación/vibración de la materia y su posterior transmisión, como lo indicamos en el cuadro 7. Como se puede apreciar en los esquemas y resúmenes éste es el concepto que más genera interrogantes en los integrantes del equipo, fijémonos cómo en las ideas aportadas por Ana se separa de un lado la frase “se comporta como onda” de la frase “... es una forma de transferencia energía producida por la vibración de la materia”, lo mismo ocurre con las ideas de Lucía que separa en tres partes diferentes las ideas.

Estos problemas no son de extrañar dado que, como también se encuentra en otros estudios con estudiantes de ESO (Saura y de Pro, 1999; Perales, 2003) las ondas, y sobre todo el concepto onda de presión, es un concepto que exige, por parte del estudiante, una interpretación nanoscópica de un fenómeno, esto es, el permanente ir y venir entre lo macro y lo submicro y su relación con la energía (entendida en este caso como la transmitida en el movimiento vibratorio producido al chocar unas partículas con otras), concepto que es aún más problemático para estudiantes de todos los niveles educativos (López-Gay, 1987; Michinel y D'Alessandro, 1994; Solbes y Tarín, 1998).

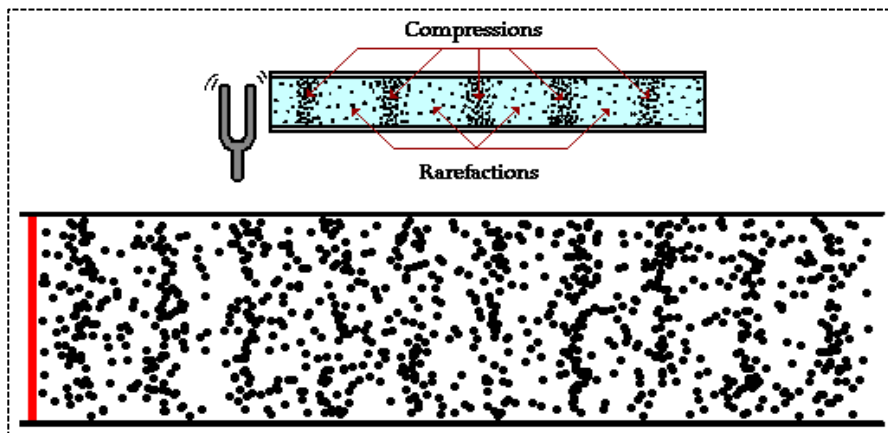
Para clarificar la idea de onda longitudinal decidimos utilizar con los integrantes del equipo una simulación *online* que nos permitiera trabajar con ellos lo que es el comportamiento de una onda sonora⁵⁴, la simulación también permitía trabajar las características como la frecuencia, amplitud y tensión. Esta simulación nos permitió mostrar a los integrantes del grupo un símil (a modo de imagen analógica) de cómo se transmiten las ondas sonoras y, así comprender que cuando un foco vibra en el aire, "obliga" a que las partículas de ese medio entren a su vez en vibración, siempre con cierto retraso con respecto a las anteriores.

El avance de la onda sonora se traduce en una serie de compresiones y expansiones en las que las partículas del medio, en un momento dado, primero se aproximan hasta chocar

54. El *link* que contiene la simulación es: https://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_es.html revisado por última vez en octubre de 2014.

(zona en la que va aumentando la presión) y después, en esta misma zona, las partículas se van separando disminuyendo la presión. Debido a que estas compresiones y dilataciones avanzan con la onda, podemos afirmar que una onda sonora es una onda de presión (ver figura 18). los chicos pudieron verlas en movimiento dado que era una simulación.

Figura 18: Imagen extraída del simulador para trabajar el concepto de onda de presión



También usamos la *app: Sounds Analysis Oscilloscope* que les permitía comprobar (ya que muestra de forma visual) las frecuencias producidas por la voz (realizamos pruebas para diferenciar entre la frecuencia grave y la aguda) y otros tipos de sonidos (cuerda de guitarra, ruido de ordenadores, diapasón, etc.). Los estudiantes al experimentar con la simulación lograron percibir con mayor facilidad la idea de onda. Es interesante apuntar que en el momento de usar la *app* les sorprendía ver que las ondas producidas por la voz o la cuerda de guitarra *“no son tan perfectas y curvas como las ondas que se muestran en los libros o la misma simulación que acabábamos de usar”*

Juan señala: *“las ondas en la vida real son así ¿no?, desordenadas, las ondas que se forman por el ruido ¿cómo son? Paula interviene “¿podemos ir fuera? (con el móvil que tiene la app)”* aspecto que resaltamos importante, dado que evidencia la diferencia entre modelos ideales y fenómenos reales, así como también nos permitió discutir la diferencia entre ruido y sonido.

Por otra parte, establecimos una discusión en torno al oído como órgano receptor del sonido, nótese que, en los resúmenes planteados por los integrantes del equipo, Lucía y Paula hacen referencia al oído en este sentido, y por tanto las únicas que lo consideran de gran relevancia para enseñar a los niños, de hecho, en la justificación que da Lucía de porqué se debe enseñar este tema (en el siguiente párrafo hablaremos de ello), vuelve y lo menciona.

Al preguntar al resto de integrantes porque en sus resúmenes no han tenido en cuenta el oído como un aspecto importante para enseñar el sonido responden: Ana *“Yo sinceramente no lo había ni tan siquiera relacionado...a ver, lo daba por obvio, hasta ahora, claro...que lo hemos discutido...creo que es porque nos lo han enseñado (el oído) como un órgano más, sin relacionarlo con el sonido o el ruido...¿sabes?...lo veía como algo que hay que enseñar aparte...Juan interviene: “el funcionamiento del oído es complejo pero fácil a la vez... ¿sabes lo que te quiero decir?”*

... (divaga un poco al expresarse, pero hace referencia a que, biológicamente hablando, el funcionamiento del órgano es muy complejo, pero tiene una función clara: convertir las vibraciones que llegan al oído en impulsos nerviosos que el cerebro interpreta como sonidos) *...entonces cuando leí sobre cómo funciona el oído me pareció muy complicado para niños de primaria y para mí también, no entendía nada siendo sincero, por eso lo descarté...a ver, ahora sé que podemos explicarlo en otros términos y simplificar...”*

Al final de la tutoría se discutió sobre la relevancia que encuentran ellos como futuros maestros de enseñar estas ideas científicas, sus respuestas en general están de acuerdo con: *“El sonido es muy importante en nuestra sociedad, sobre todo porque somos seres que nos comunicamos y lo más esencial es el hablar y poder escuchar. La música también es muy importante en nuestras vidas, muchas veces dándole más sentido y sentimiento a las imágenes y, todo ello es sonido, por ello es importante saber qué es y así también saber el uso que debemos hacer de él. También es importante saber que el ruido en exceso es perjudicial para la salud.”*

Otra justificación interesante es la de Lucía, porque se inclina al conocimiento del funcionamiento del propio cuerpo: *“Yo creo que siempre es de interés saber por qué escuchamos lo que tenemos a nuestro alrededor, ya no únicamente por el hecho de que todo cuerpo emita vibraciones, sino porque dichas vibraciones llegan a nuestro cerebro a través de ondas que después serán transformadas en impulsos nerviosos, y eso es lo que hace que podamos percibir el sonido, ese es el proceso que tiene lugar en el interior del cuerpo...yo por lo menos no lo sabía...y es importante saberlo...”* Como se puede apreciar, son justificaciones inclinadas al contexto de los niños, lo cual es un logro importante ya que evidencia su interés por ir más allá de una enseñanza para aprender conceptos o definiciones.

Al final de esta tutoría el equipo concreta qué ideas científicas definitivamente iban a considerar como base para desarrollar su secuencia didáctica (que sugieren titular: *¿Cómo se producen y oímos los sonidos?*), llegando al siguiente acuerdo:

- El sonido se produce inicialmente al hacer vibrar las partículas que contienen los objetos.
- El sonido (o mejor dicho, la onda sonora) se mueve/propaga a través de cualquier medio material, por ejemplo: gases (aire), sólidos y líquidos.
- El sonido no se puede propagar en el vacío.
- Ruido y contaminación acústica.
- El oído como órgano receptor de sonidos, sus características principales.

Vemos pues que se hace necesario seguir insistiendo en un modelo científico de mayor profundidad porque las ideas a las que llegan como acuerdo, siguen siendo superficiales. Por tanto, es conveniente seguir clarificando a los futuros maestros los siguientes aspectos conceptuales en la enseñanza-aprendizaje del tema:

- i) El concepto de sonido (concepto de sentido común) ha de ser considerado idéntico al de onda sonora (concepto científico);
- ii) en la estrategia de enseñanza a emplear será conveniente iniciar el estudio haciendo ver primero que la producción de vibraciones en un objeto es condición necesaria pero no suficiente para tener posteriormente sonido u ondas sonoras;
- iii) introducción del estudio del mecanismo de transmisión del sonido clarificando así su significado científico de onda sonora;
- iv) introducir el estudio del oído humano como necesario para poder explicar nuestra audición (receptor de las ondas sonoras o del sonido y su transmisión al cerebro para poder disfrutar de la sensación auditiva)

4.3 RESULTADOS DE LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO 1 RESPECTO A CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS

Según el marco teórico planteado, también se hace necesario conocer cuáles son las ideas de nuestros estudiantes con respecto a la metodología científica, dado que la indagación como metodología de aprendizaje asume el entender la enseñanza de las ciencias como algo que va más allá de la implementación de actividades experimentales, salidas de campo aisladas o, la enseñanza de las ciencias más allá de la mera memorización de datos y fórmulas. Por ello, era imprescindible conocer las ideas previas de los estudiantes del equipo con respecto a la metodología científica, ya que son un punto de partida para iniciar cualquier proceso de formación docente; dado que las mismas influyen sobre sus concepciones respecto a cómo enseñar (Porlán, 1994; Porlán, et al., 1997, 1998; Furió, 1995).

Así pues, mostraremos los resultados de los estudiantes del equipo respecto a sus ideas espontáneas sobre la metodología científica en el apartado 4.3.1, los resultados respecto a sus ideas previas sobre cómo enseñar los contenidos elegidos en el apartado 4.3.2 y, los resultados de la secuencia diseñada después del trabajo realizado durante todo el cuatrimestre se mostrarán en el apartado 4.3.3.

4.3.1 ¿Qué ideas espontáneas presentan los integrantes del equipo 1 con respecto a la metodología científica?

Explicábamos en el capítulo anterior que en el cuestionario C-1, las preguntas 2 a 4 se propusieron con el objetivo de que los estudiantes identificaran y explicaran aspectos clave de la metodología científica como lo son: identificación y planteamiento de un problema, posible solución al problema en forma de hipótesis, así como su cuestionamiento. Por otra parte, la pregunta 5 se propuso con el objetivo de conocer sus ideas sobre lo que es un experimento. Finalmente, otro aspecto resaltado por la epistemología científica contemporánea es la clara distinción entre evidencia empírica y explicación teórica, para lo cual hemos utilizado la pregunta 7 del instrumento C-1. Así pues, los resultados obtenidos por los integrantes de éste equipo son los siguientes:

Con respecto a sus ideas sobre qué harían para abordar una situación problemática, planteada en la pregunta 2 (qué harías para averiguar el tiempo que tarda el ritmo cardíaco en volver a la normalidad). Ninguno de ellos establece una hipótesis como punto de partida, tres de los integrantes (Lucía, Ana y Juan) establecen un procedimiento que atiende al control de una sola variable (*tomar el pulso antes y compararlo con después de hacer ejercicio*, suponemos que de ellos mismos), pero no tienen en cuenta la influencia de otras variables importantes como la edad, salud, tipo de ejercicio, etc. En el caso de Paula, establece un procedimiento para medir el ritmo cardíaco después de la actividad física, pero en ningún momento comenta que antes habría de medir el ritmo en reposo para así comparar. Tampoco mencionan la necesidad de repetir las condiciones para verificar los datos obtenidos la primera vez y a partir de allí emitir algún tipo de conclusión.

En cuanto a las preguntas 3 y 4 (en las que se han de leer dos párrafos sobre una situación histórica en la que dos científicos realizan una afirmación respecto a un problema que se les presenta y, a partir de estas situaciones, los estudiantes de magisterio deben responder a unas preguntas). Sus respuestas fueron:

Respuestas de Ana:

3. A. observación
 B. hipótesis
C. generalización
D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Con lo que él ha observado, se ha formado una idea de lo que podría estar ocurriendo, por ello es una hipótesis, que aún no está comprobada.

- 4.1 ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Intentaba de hacer entender a la gente de Europa que se podía evitar esa enfermedad terrible, pero se opusieron.

- 4.2 ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

Estaba tratando de poner a prueba, la idea de que si se arañaba a una persona sana y joven, y se infectaba la herida con la pus de un enfermo, se podía evitar que fuera una enfermedad terrible, y sólo enfermaba de forma leve.

Respuestas de Lucía:

3. A. observación
 B. hipótesis
C. generalización
D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Desde mi humilde ignorancia, yo diría que nos encontramos ante una hipótesis ya que, si hubiera sido una mera observación, Fleming habría anotado que "alrededor del hongo contaminante no crecen las bacterias". Sin embargo, al intentar encontrar un causante (que está fuera de aquello que podemos observar), ya estaríamos hablando de una hipótesis, que en este caso es que "el moho puede estar produciendo una sustancia que mata las bacterias". Esta hipótesis es la que Fleming tendrá o no que demostrar.

- 4.1 ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

La enfermedad de la viruela en Europa.

- 4.2 ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

Que dicha enfermedad podría dejar de ser letal con la inoculación de los pacientes.

Ana y Lucía identifican, con claridad, una hipótesis y un problema, de una serie de postulados planteados, como se puede apreciar en sus respuestas a las preguntas 3 y 4. De hecho definen de forma clara lo que entienden por hipótesis. Sin embargo, no deja de ser interesante que planteen una justificación acertada respecto a lo que es una hipótesis, puedan identificarla a partir de una situación, pero no sepan formular y utilizar las mismas como en el caso de la pregunta 2.

Respuestas de Paula:

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Considero que es una observación porque Fleming se limitó a plasmar por escrito lo que vio al regresar de su descanso.

4.1 ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Intentaba evitar que la viruela fuera una enfermedad terrible y letal, puesto que en Turquía habían conseguido que fuera una enfermedad leve con un método "suave".

4.2 ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

Montagu intentaba demostrar que el cuerpo sistema inmunitario produce defensas contra las bacterias que atacan nuestro cuerpo, y que no debemos evitar la exposición a dichas bacterias puesto que así solo lo vamos a generar una enfermedad letal para nuestros organismos, sino que debemos exponerlos levemente a dichas bacterias y permitir que nuestro sistema inmunitario genere defensas a ellos.

Vemos como Paula considera en la pregunta 3 que el enunciado hace referencia a una observación y en su justificación se aprecia la confusión entre datos reales obtenidos "observables" y posibles explicaciones de los fenómenos. En las preguntas 4.1 y 4.2 presenta dificultades en extraer a partir de unos postulados tanto el problema como la hipótesis, y de nuevo se evidencia confusión entre datos mostrados y explicaciones científicas de los fenómenos.

Juan, en las preguntas 4.1 y 4.2 aunque evidencia en sus palabras que entiende cuál es el problema y la hipótesis, le cuesta expresarlo de forma escrita. Pero en general, se evidencia que reconoce los dos conceptos de la metodología científica, como se ve a continuación:

Respuestas de Juan:

3. A. observación
 B. hipótesis
 C. generalización
 D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

- A mi parecer creo que es una hipótesis, ~~ya que se observa~~ ya que sin tener pruebas tiene una idea ~~que~~ de lo que puede estar pasando. Si fuera una observación o generalización diría lo que ve no lo que puede estar ocurriendo. Para tener una conclusión primero tiene que investigar y obtener resultados.

- 4.1 ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Mary Montagu intentaba resolver la enfermedad de la viruela en su asociación intentó trasladar este método por crucetas la

- 4.2 ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

La idea era trasladar un método diferente a lo conocido, pero aplicar al lugar donde ella provenía y había unos métodos por trasladados.

Con respecto a lo que entienden por experimento y su papel dentro de la actividad científica (pregunta 5), sus respuestas son variadas y escuetas, veamos: Paula, no responde. Lucía cuando afirma: “*un experimento es la demostración práctica de un fenómeno científico*” se puede considerar como inclasificable, pero también puede aceptarse como acepción de que es “*un hecho que reproduce lo que ocurre en un fenómeno científico*”. Más acertada está Ana, cuando explica que un experimento “*se realiza con el fin de comprobar hipótesis, mediante los medios necesarios y métodos*” (aunque más bien, el término ‘*comprobar*’ se debería sustituir por ‘*cuestionar*’).

Juan por su parte define que “*es la formulación y prueba de un proceso con el que se quiere demostrar un suceso o hecho*”. Como se puede apreciar, algunos ven el experimento como un procedimiento para cuestionar ideas o hipótesis, lo cual es correcto, pero ninguna de las respuestas incluye aspectos importantes como las condiciones controladas o control de variables; tampoco indican explícitamente que es una parte de una investigación más global y compleja.

Estos planteamientos, muestran que en los estudiantes del equipo 1 la visión empiro-inductivista de la actividad científica, no está tan claramente definida, como hemos visto durante todo el análisis de las respuestas a sus preguntas; sí que se acentúa la presencia de una visión aporomática y ateórica. Por otra parte, para los estudiantes de este equipo, no ocurre como en otros trabajos, por ejemplo los de Murcia y Schibeci (1999), en los que se evidencia de forma más marcada que los futuros maestros tienen una comprensión ingenua y poco clara de la metodología científica, siendo constantes las referencias al "descubrimiento de la verdad" a través de las observaciones y pruebas experimentales (que al ser más y más "comprobadas", dotan al conocimiento científico de verdad casi absoluta sin tener en cuenta su naturaleza tentativa).

Sin embargo, sí que se aprecia que, frente a una situación aporomática que han de resolver ellos mismos (como en la pregunta 2) la identificación y uso de hipótesis como punto de partida para proponer un coherente diseño metodológico para poder resolver el problema es un punto débil, presente en los cuatro estudiantes. En la pregunta 7, que centra la atención en diferenciar entre fenómenos reales y explicaciones teóricas que describen e interpretan los fenómenos encontramos las siguientes clasificaciones (Ana no responde a esta pregunta):

Lucía:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
Volumen del gas Temperatura de este Distancia entre partículas Presión del gas.	Calentar Velocidad de las partículas Éstas chocan

Juan:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
velocidad de las partículas temperatura. Dist. entre las partículas chocan.	Calentar. Volumen del gas. presión del gas.

Paula:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
velocidad de las partículas. Éstas chocan Temperatura de este. Volumen Gas	Calentar Presión del gas Volumen gas Presión del gas. Velocidad de las partículas distancia entre las partículas.

Como se puede apreciar, los tres integrantes que responden a la pregunta presentan dificultades para distinguir los hechos y procesos (fenómenos “reales”) de las ideas científicas (bien sean ideas o bien explicaciones basadas en ideas científicas). Los tres identifican “calentar” como una explicación teórica, mientras que conceptos como “temperatura” y “presión” son considerados fenómenos reales. La idea de volumen es comprensible que sea problemática dado que se suele relacionar con el tamaño y la forma, sin embargo, ideas como “distancia entre partículas” no debería representar dificultad, aun así, vemos como Lucía y Juan la clasifican como fenómeno real.

Respecto a las justificaciones ofrecidas para dicha clasificación, Lucía no aporta ninguna; Juan explica que *“en los fenómenos reales he puesto todas las acciones que suceden en la realidad”*; Paula no justifica tampoco la elección. En su conjunto, se observa bastante confusión para distinguir “hechos” de “conceptos”, lo que también concuerda con los resultados de algunos integrantes en la pregunta 4 y que coincide con otros estudios donde también se evidencia esta problemática en maestros en formación (Guisasola & Morentin, 2007), bien sea por la dificultad que conlleva entender una idea científica producto del estudio de un fenómeno real, o bien sea porque cotidianamente suelen utilizarse términos científicos, como el concepto Temperatura, para expresar un conjunto de fenómenos relacionados con el clima.

4.3.2 ¿Qué ideas presentan los integrantes del equipo 1 con respecto a cómo enseñar el sonido y cómo se transmite?

Una vez se han aclarado dudas respecto a las ideas científicas elegidas como base para su secuencia de aprendizaje, queríamos conocer cuáles son las ideas de los integrantes del equipo con respecto a cómo enseñarían esos contenidos en su clase de ciencias. Por ello propusimos la actividad A-6, en la que los integrantes del equipo de forma individual debían realizar el documento E-2, en donde tenían que plantear qué querían que aprendieran sus estudiantes (objetivos de aprendizaje) y cómo lograrlo (posibles actividades de aprendizaje).

Los equipos ya han: a) aclarado y delimitado las ideas científicas que pretendían trabajar en su secuencia, se realizó en la tutoría 1; b) consultado por su cuenta posibles actividades respecto a su tema; c) participado en un seminario y análisis metacognitivo sobre las visiones deformadas de la ciencia que podemos transmitir los maestros (actividad A-3) y, en otros 2 seminarios sobre enfoques metodológicos de enseñanza (actividades A-4, A-5). El primero dirigido a cuestionar y analizar los modelos de enseñanza tradicional y por descubrimiento y el segundo estaba explícitamente dirigido a que trabajaran en torno a la relación entre objetivos de aprendizaje y estrategias

(actividades) de aprendizaje. Con lo cual, no parten de cero para plantear sus ideas sobre cómo enseñarían dichos contenidos científicos elegidos. A continuación, se presentan las respuestas de los documentos E-2 de los integrantes del equipo 1:

Lucía:

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	COMPETENCIAS (OBJETIVOS APRENDIZAJE)
1. Comprobación de la vibración del sonido por medio de la colocación de nuestra mano en la garganta y el movimiento del diapasón.	1a) Asociar la vibración de las partículas que conforman la materia con la producción del sonido.
3. Experimentación propia de la propagación del sonido por los sólidos, para lo cual, los niños comerán palomitas y apoyarán su oído en la mesa, mientras se tapan un oído y rascan en la superficie de ésta (de la mesa).	3a) Establecer que el sonido se propaga por los sólidos.
2. Introducción de un despertador (en activo) en una bolsa de vacío y, a continuación, extracción de todo el aire para comprobar así que no hay sonido en el vacío (sin aire).	2a) Reconocer que no puede existir sonido en el vacío.
4. Introducción de un reloj atómico u otro dispositivo en una bolsa de plástico (u otro recipiente) y, al pegar la oreja, comprobar que se escucha el sonido también se propaga por los líquidos.	4a) Estimar que el sonido se propaga por los líquidos.

Paula

Actividades de Aprendizaje	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Vamos a extraer el aire de una bolsa para demostrar que en el vacío no se propaga el sonido • Vamos a introducir un reloj en una bolsa llena de agua, y comprobaremos que al taparnos una oreja y poner la bolsa en la otra escuchamos el reloj. • Haremos que los estudiantes mantengan palomitas para comprender que el sonido se propaga también en los sólidos • Construiremos un teléfono con vasos de café y hilo de pescar para acercar a los estudiantes a la realidad consiguiendo, a su vez, que comprendan mejor la propagación del sonido en los sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la relación del sonido con el medio para explicar su propagación • Relacionar conocimiento científico el concepto de sonido con el instrumento del contexto de los estudiantes.

Ana:

ACTIVIDADES APRENDIZAJE	COMPETENCIAS
<p>1. Los/as niños/as se darán cuenta, <u>colocándose la mano en la garganta mientras hablan</u>, de que vibra. Que el sonido se produce porque la materia vibra.</p> <p>2. Los/as niños/as van a <u>construir unos "teléfonos"</u> con vasos de plástico y con hilo de pescar, y después los probarán, para comprobar cómo el sonido se propaga a través del sólido.</p> <p>3. Cada grupo <u>colocará un reloj o el mecanismo que suena en las tarjetas de felicitación, en una bolsa y después extraerán todo el aire</u> (bolsa de vacío). Podrán ver cómo deja de sonar. El sonido no se propaga en el vacío. <u>En una caja deberán escribir</u> porque el reloj no suena al <u>extraer el aire</u>.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Experimentar en su propio cuerpo fenómenos como son la vibración del sonido.• Reconocer las causas que provocan una consecuencia.• Interpretar un suceso que han observado y saber conectarlo y explicarlo con ideas que quedan tener.• Experimentar qué ocurre tras realizar y analizar qué ocurre tras realizar una actividad.• Interpretar la información que se obtiene con las actividades.

Juan:

OBJETIVOS	Actividades	COMPETENCIAS
El estudiante debe ser capaz de <u>diferenciar diferentes sonidos</u> y el ruido.	- Explicación del sonido en el vacío.	Identifica y clasifica los sonidos según su intensidad.
El estudiante debe ser capaz de saber como se propaga el sonido en diferentes <u>espacios</u> .	- Explicación sonido en el agua	Establece <u>identifica</u> las diferentes formas que tiene y la velocidad a la que se propaga el sonido.
El estudiante debe saber la <u>forma</u> que tiene el sonido representado según su emisión.	- sonido a través de un cable y su emisión	- Conoce cuáles son las condiciones para que se produzca
El estudiante debe <u>comprender</u> lo importante que es el sonido en su vida cotidiana.		- Identificar las propiedades que hacen posible que se produzca el sonido.

Lo primero a destacar, es la dificultad que presentan los integrantes del equipo para establecer unos objetivos de aprendizaje, pese a que los contenidos científicos que querían trabajar en su secuencia ya estaban claras. Se aprecia ambigüedad en los términos y expresiones utilizadas para expresar lo que quieren conseguir, por ejemplo: “conocer cuáles son las condiciones para que se produzca (tercera competencia planteada por Juan)” “estimar que el sonido...” “establecer la relación del sonido con el medio para explicar...” también se evidencia confusión entre objetivos generales de la asignatura con objetivos de aprendizaje concretos de un contenido a trabajar, como sucede en el caso de Ana.

En el caso de Juan, a parte de la ambigüedad, se aprecia evidente confusión, dado que asume que los objetivos de aprendizaje son una cosa y las competencias otra, aunque durante los talleres realizados en grupo (actividades A-3 a A-5 mencionadas al principio del apartado) no manifiesta o expresa dudas ni en clase, ni en el trabajo por equipos. También queda claro que no cita la necesidad de asociar el sonido inicialmente a la producción de vibraciones en un objeto. En el borrador entregado por este estudiante, se evidencia también, la falta de consulta respecto a posibles actividades que podrían

contribuir al desarrollo de la secuencia. Lucía ha sido la única que realmente ha planteado unos cuantos objetivos de aprendizaje en relación con las actividades que plantea.

El segundo aspecto a resaltar es, en general, el típico activismo ingenuo de las tres estudiantes y, podría decirse, típico empiro-inductivismo basado en el aprendizaje como descubrimiento: “es decir, el niño ha de realizar una actividad experimental ideada o copiada por el maestro –o sea, sin significado para el niño- y, a partir del resultado obtenido, el niño inducirá la idea correcta” ya que presentan primero las actividades y, después, los objetivos de aprendizaje o competencias cuando debería ser al revés. Es decir, al analizar las actividades que han elegido, la forma en que plantean su implementación denota tanto activismo ingenuo (dado que no se plantea un hilo conductor que guíe el conjunto de actividades y les dé sentido), como la presencia del aprendizaje por descubrimiento (todas tienden a mostrar que por el hecho de que el niño(a) observe algo, puede deducir después el por qué ocurre).

Nótese, por ejemplo, en una de las actividades que plantea Ana se expone: “cada grupo colocará un reloj en una bolsa y después extraerán el aire, podrán ver cómo deja de sonar, el sonido no se propaga en el vacío, en una hoja deberán escribir por qué no suena al extraer el aire” o en la primera actividad de Lucía se plantea: “comprobación de la vibración del sonido por medio de la colocación de nuestra mano en la garganta y el movimiento del diapasón” Paula por su parte plantea: “haremos que los estudiantes mastiquen palomitas para comprender que el sonido se propaga también en los sólidos”.

El tercer aspecto a destacar es el borrador establecido por Juan, nótese que se decanta por una estructura más tradicional, enfocado a la explicación en la pizarra, y una actividad práctica como la de los teléfonos de hilo y vasos, a modo de comprobación de la teoría. Esta planificación es más lógica desde el punto de vista tradicional, si bien está centrada en el maestro: propone la cuestión, explica la solución con lo que supone que los niños lo han comprendido todo y, después les presenta la actividad que han de hacer para ‘comprobar’ que es verdad todo lo que les ha dicho.

Estos resultados del primer borrador en realidad son de esperar, como se muestra en varias investigaciones (Weiss et al., 2003; Zabala y Arnau, 2007; Roth, 2014) tanto los maestros en formación, como maestros en activo, bien sea por la falta de seguridad con los contenidos científicos a enseñar, o bien sea, por la falta de una formación universitaria adecuada que permita al maestro(a) en formación trabajar en torno a ideas científicas clave y cómo enseñarlas (Harlen, 2010, 2015). Es por ello que los futuros maestros tienden a proponer actividades desligadas unas de otras, sin una estructura clara y, lo que es peor, de poco nivel formativo a modo de recetas que los niños(as) han de seguir, sin

darles opción a que puedan pensar con sus ideas sobre el problema, posible solución y cómo probar su validez (Metz, 2008).

Roth et al. (2006) encuentra que los maestros tienden naturalmente a realizar o proponer a los niños y niñas actividades destinadas a clasificar un objeto o conjunto de estos de acuerdo a ciertas características y reproducir u observar fenómenos mencionados anteriormente por el maestro, es decir, para comprobar la validez de la teoría que se ha explicado. En Porlán (1994) también se muestra que los estudiantes de Magisterios, presentan una visión más bien empiro-inductivista y una pedagogía idealista de la enseñanza de las ciencias, dado que, a pesar de creer firmemente en el método científico, la gran mayoría de maestros en formación, en las actividades que proponía para trabajar en el aula con niños(as), no contempla la realización de hipótesis –por parte de los niños– y, las actividades que planifican o contemplan los futuros maestros, son más bien cerradas y de tipo causa-efecto.

También, como discutíamos en el marco teórico, respecto al análisis del plan de estudios planteado para Magisterio en la Universitat de València, no existe vinculación entre la asignatura de Didáctica de las Ciencias y la asignatura destinada a trabajar los contenidos científicos del currículo de primaria, por lo que nuestros futuros maestros(as) poco han analizado la implicación didáctica de actividades (enfocadas a un contenido específico), que se podrían plantear en el aula de primaria. De hecho, aun estando en el tercer curso universitario, sólo han visto una asignatura denominada: Didáctica General, que no toca aspectos concernientes a la Didáctica de las Ciencias, los contenidos hacen referencia a aspectos relacionados con la pedagogía y educación en general (ver cuadro 3).

Lo que denota, al igual que plantea García (2003, pp. 9), *“que en el actual plan de estudios de magisterio hay una abultada presencia de materias psicopedagógicas y educativas, excesiva y atomizada, con una ausencia casi total de contenidos disciplinares de cualquier tipo y su correspondiente didáctica específica, imprescindibles para el futuro maestro”*. El autor explica además que en las asignaturas de didácticas específicas también se dedican a estudiar aspectos psicopedagógicos, lo cual deja aún menos espacio a los contenidos disciplinares y su enseñanza, lo que puede ser muy irresponsable si se tiene en cuenta el hecho de que la mayoría de estudiantes en las facultades de magisterio no provienen de la línea de bachillerato científico o tecnológico, y por tanto llegarán a sus futuros centros de enseñanza sin haber estudiado en profundidad geografía, biología, física y química que la que vieron en la etapa de ESO, por tanto terminarán replicando la enseñanza tradicional que ellos mismos han recibido (Furió, 1994).

4.3.3 Presentación y discusión sobre el modelo de aprendizaje basado en la indagación.

Una vez se han analizado las ideas previas de los integrantes del equipo y, con base en las ideas científicas elegidas desde la tutoría 1, el trabajo que se realiza a partir de este punto se centra en que los integrantes de cada equipo logren apropiarse del modelo de indagación por medio de la participación activa en el diseño y construcción de una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en el mismo. Para ello, según nuestro modelo de acción diseñado, desde las sesiones 7 a 14 y tutorías, nos centramos en la vivencia (por parte de los maestros en formación) del modelo para potenciar al máximo los siguientes aspectos en cada uno de los equipos:

- a) Establecimiento de la situación problemática: ¿Cómo se produce el sonido y cómo se “mueve”? e interés que pueden tener su estudio para los niños y niñas. La importancia de la enseñanza de este tema. Respecto al interés, los estudiantes universitarios de la especialidad de Música han dado muchas razones como, por ejemplo, la necesidad de moderación al conversar varias personas o la contaminación acústica que puede acarrear enfermedades psicológicas a las personas y la importancia de los sonidos musicales como forma de expresión cultural.
- b) Seleccionar unos objetivos de aprendizaje a lograr con los niños y niñas, basados en las ideas científicas ya discutidas.
- c) Tener en cuenta las ideas previas de los niños y niñas con respecto al contenido a trabajar y posibles dificultades. Este aspecto se basa en la lectura y análisis de artículos respecto a ideas previas sobre el sonido⁵⁵. Dichos artículos fueron facilitados al equipo 1 para su análisis y discusión.
- d) Idear un hilo conductor contextualizado que permita resolver un problema o situación de interés (referente al contenido a desarrollar). Dicho hilo conductor ha de basarse en el desarrollo de estrategias de aprendizaje próximas o parecidas a las que suelen utilizarse en las prácticas científicas (Bain, 2007; Metz, 2008), mencionadas en el marco teórico como modelo de aprendizaje como indagación (Martínez-Chico et al, 2014) o como investigación orientada (Furió-Más y Furió-Gómez, 2009).

55. Es importante aclarar que la bibliografía respecto a ideas previas de los niños y niñas sobre el sonido es escasa, los artículos que se encuentran habitualmente corresponden a estudiantes de ESO, bachillerato y nivel universitario. Las referencias bibliográficas que proporcionamos al grupo son:

Perales, F. (1997) “Escuchando el sonido: Concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos”. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 233-247.

Saura, O. y de Pro Bueno, A. (1999) “¿Utilizan los alumnos esquemas conceptuales en la interpretación del sonido?”. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 193-210.

Perales, F. (2003) “El estudio del sonido en la educación secundaria” *Alambique*, 35.

- e) Seleccionar el programa de actividades a plantear en una clase en donde los niños y niñas trabajan según este modelo de aprendizaje como indagación, en pequeños grupos de discusión mediados por nuestros estudiantes de magisterio.

El aspecto b), como indicamos en el apartado anterior, costó a los integrantes del equipo dadas las ideas previas y ausencias de aspectos conceptuales y procedimentales, que ya indicamos en el apartado anterior. Después de las actividades propuestas en el programa de formación (A-5 y A-6) se evidencia un avance respecto a sus ideas espontáneas iniciales, sin embargo, seguían presentándose problemas de ambigüedad en la redacción de los objetivos, veamos:

Establecer la relación del sonido con los medios (sólido, líquido y gas).
Asociar el vacío con la ausencia de sonido.

Reconocer la importancia del sonido en la vida cotidiana de los estudiantes.

Relacionar el sonido con la vibración de los cuerpos (de la materia), ya que éste es posible gracias a dicha vibración.

Una vez aclaradas y explicadas las dudas en la tutoría posterior a dichas actividades los integrantes del equipo logran concretar los siguientes objetivos para su secuencia didáctica (tomados del documento final entregado por el equipo):

Objetivos generales del área que se pueden abordar en nuestra propuesta:

1. Proponer posibles soluciones a modo de hipótesis a las cuestiones planteadas.
2. Experimentar con los diferentes materiales sencillos y de uso habitual para corroborar las hipótesis planteadas.
3. Sintetizar ideas y lograr concluir.
4. Adquirir y desarrollar habilidades sociales que favorezcan la participación en actividades de pequeños equipos adoptando un comportamiento responsable, constructivo y solidario, respetando los principios básicos del funcionamiento democrático.

Objetivos específicos del tema a enseñar:

Al finalizar la sesión se espera que los niños y las niñas sean capaces de:

- Reconocer que el sonido se produce por la vibración de las partículas que confirman los objetos
- Reconocer y comprobar que el sonido se propaga/mueve a través de tres medios: sólidos, líquidos y gases.
- Justificar la ausencia de sonido con la ausencia de aire, sólido o líquido (medio de propagación).
- Identificar el oído como el órgano especializado en la recepción de sonidos.
- Identificar y analizar fuentes de ruido y contaminación acústica. Valorar el sonido haciéndose un uso responsable de éste.

Respecto al aspecto c), los integrantes del equipo (a partir de los artículos facilitados sobre ideas previas con respecto al sonido y sus características) realizan la siguiente justificación y encuentran las siguientes ideas previas fundamentales, relacionadas con el contenido seleccionado por ellos (tomado del documento final entregado por el equipo):

Consideramos fundamental conocer cuáles son las ideas previas que poseen nuestros estudiantes antes de comenzar con la actividad, puesto que muchas de ellas suelen contener errores de tipo conceptual que podrían dificultar en gran medida el tema que nos ocupa. ya que otorgamos menos importancia a aquellas ideas afianzadas, lo cual es un error que como maestros no deberíamos cometer. Por ello, al inicio de cada actividad, es conveniente formular una pregunta del tipo “¿Qué creéis que ocurre aquí...? o ¿Cómo creéis que pasa...? Algunas de estas ideas (previas) son:

- El sólido y el líquido funcionan como un aislante del sonido.
- El aire es el mejor conductor del sonido.
- Sonido y ruido son lo mismo.
- Consideran la existencia de una dirección privilegiada de la propagación: del emisor al receptor.

Los aspectos a) y d) son sin lugar a dudas los que más costaron al equipo. Una vez se aclaró la relevancia de las ideas previas y los objetivos, se discutió en una de las tutorías sobre las propias creencias que compartían ellos mismos con respecto al uso de ciertas “*actividades interesantes*”⁵⁶ que en verdad no aportan aprendizaje alguno a los niños si no se trabajan adecuadamente en el aula. Los miembros del equipo aportan: Lucía: “*Hay demasiadas actividades en internet...vamos...me estaba agobiando sólo en buscar y pensaba que todas eran interesantes y válidas...sabes...a veces no analizamos bien las actividades que se le hacen a los niños. Pero que nos hayáis dado esta bibliografía ayuda.*” Ana: *y parecen cosas chulas, pero no lo son, ya ves*”.

Paula: “sí que es verdad que vas perdiendo el norte si no te plantas y piensas qué es lo que quieres, pensaba que con hacerlo divertido y dinámico basta...sabes lo que te quiero decir...” Juan: “Es muy diferente como tienes que hacerlo todo (suponemos que hace referencia al hecho de que hay que planificar primero antes de proponer una determinada actividad para saber si tiene sentido o no), está claro que cualquier actividad no vale”.

Durante la tutoría analizábamos conjuntamente las actividades traídas por el equipo y cuando, nosotros como tutores, detectábamos que eran actividades que no tenían como objetivo más que llamar la atención de los niños y niñas, dialogábamos con el equipo

56. Expresión utilizada por los estudiantes de magisterio, para referirse a actividades que tienden a llamar la atención de los niños, pero que mal trabajadas en el aula pueden significar simple replicación de lo mostrado por el maestro, más no ningún aporte que facilite el aprendizaje de las niñas(os).

respecto a la relevancia de las mismas con respecto a las ideas científicas que ellos mismos habían elegido. Está claro que, como se menciona en abundante bibliografía (Weiss et al., 2003; Banilower et al., 2006; Reinsvold y Cochran, 2012), respecto a la enseñanza en Educación Primaria es fácil caer en el activismo ingenuo (*activity for activity's sake*) cuando los objetivos de aprendizaje no están del todo claro y por tanto la planificación del contenido se pierde. Por ello insistíamos en las tutorías que siempre se ha tener claro qué es lo que se quiere lograr en términos de habilidades o destrezas.

En otra de las tutorías, seguíamos notando que las actividades que planteaban estaban desligadas unas de otras, pensadas para trabajar aisladamente, sin un problema o situación inicial de punto de partida, ni pequeñas cuestiones que guiasen las actividades, es decir, sin un hilo conductor problematizado⁵⁷ que permitiera trabajar los contenidos. Sin embargo, sí que vale la pena resaltar que, hasta este punto, las actividades elegidas por este equipo son actividades bien interesantes para trabajar el contenido (más adelante las mostraremos), lo que nos indica que el análisis realizado en la tutoría anterior ha sido importante para el equipo y, sobre todo, tenido en cuenta.

Por ello, después de las actividades A-7 a A-9 (parte de nuestro programa de formación) y durante las tutorías posteriores el equipo poco a poco logró estructurar un hilo conductor. Uno de los objetivos de la actividad A-9⁵⁸ era precisamente que los estudiantes de magisterio participaran (como lo haría una niña o niño) en una secuencia de aprendizaje basada en el modelo de indagación y así pudieran vivenciar qué tipo de actividades suelen usarse, cuál es el papel del maestro(a), qué preguntas o cuestiones guían una actividad basada en la indagación, qué momentos o espacios de discusión, síntesis y retroalimentación son necesarios y así, pudieran analizar la estructura general que el modelo plantea.

De la actividad 9, los estudiantes de este equipo, al discutir sobre la metodología basada en la indagación identifican las siguientes ventajas y desventajas (para nosotros este es el documento escrito E-3, ver siguiente página). De E-3 se puede ver que identifican características importantes e imprescindibles de la alfabetización científica y tecnológica por la que se aboga hoy en día en todas las investigaciones e informes en educación en ciencias (OCDE, 2006a; Rocard et al., 2007), como favorecer la motivación, el aprendizaje

57. Con el término hilo conductor problematizado, nos referimos al planteamiento de un gran problema o situación interesante que pueda explicarse mediante la introducción de un concepto o de varios conceptos relacionados. Este hilo conductor ha de tener sentido para el alumno, ya sea para resolver el problema planteado o abordar la situación de interés y que, a su vez, permite trabajar los contenidos por medio de la resolución de pequeñas cuestiones que impliquen al estudiante en procesos de reflexión, participación, experimentación y de nuevo reflexión y comunicación tanto de sus ideas (a modo de hipótesis) como de sus posibles conclusiones.

58. En ella se plantea un problema expuesto en el anexo 3.

autónomo, trabajo en equipo, trabajar para resolver problemas prácticos, etc., como ventajas de la indagación como modelo de aprendizaje.

The image shows a handwritten note on graph paper. It is divided into two sections: 'Ventajas' (Advantages) and 'Desventajas' (Disadvantages). The 'Ventajas' section lists four points: 'Favorece la motivación.', 'Adquieren una comprensión procedimental a través de la investigación.', 'Interiorizan los conocimientos.', and 'Aprendizaje más autónomo, de primera mano.' Below this is a numbered list: '1. Juego de rol.', '2. Trabajo en equipo.', and '3. Problemas abiertos (trabajos de investigación)'. The 'Desventajas' section lists two points: 'Una investigación para resolver un problema práctico.' and 'Ocupan mucho tiempo.' and 'Dificultad para dar todo el contenido programado.'

Sin embargo, paradójicamente, también identifican como desventajas del mismo modelo, el hecho de que son actividades que “*consumen mucho tiempo*” y por tanto dificultan dar todo el “*contenido programado*”.

Ello lo que nos indica es que los maestros en formación, pese a que aún no tienen experiencia en aula, parecen sentir el peso de tener que cumplir “a rajatabla” con unos contenidos que se asumen como importantes por el hecho de haber figurado tradicionalmente en los programas de enseñanza y libros de texto (Apple, 1989; Barrow, 2000; Campanario, 2001; 2003; OCDE, 2006a; Pedrinaci et al., 2012; Ocelli y Valeiras, 2013) y no, porque se conciben y entiendan como un conjunto de “ideas principales o centrales de CyT”, esto es, discriminando entre aquello que es esencial y lo que no lo es y, justificando la presencia de los mismos por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema de su entorno (Bain, 2007; Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012).

Los mismos estudiantes durante las tutorías que se realizaron para poder concretar dicho hilo conductor afirman: Paula: “Como nunca habíamos tenido una clase de ciencias pensada así... por lo menos en mi caso, no sé si alguno de vosotros sí que haya

participado...pues no te das cuenta del trabajo que realmente implica por parte del maestro plantear este tipo de actividades. Pensaba que con elegir experimentos divertidos y que los niños los hiciesen era suficiente... ¿sabes?... es algo que damos por sentado...de hecho, yo en el instituto no hice experimentos de ningún tipo y me pensaba que con hacer algunos con los peques, sería suficiente... ¿sabes?”

Juan: “Creo que es una metodología muy válida, porque sí que es verdad que cuando las actividades están conectadas y se hace todo a partir de preguntas, participas y entiendes más, trabajas más, como el modelo de báscula al que llegamos en el trabajo de clase, toda esa discusión y preguntas previas (hace referencia a las 3 sesiones dedicadas a la actividad A-9). Pero no se puede hacer durante todo el año escolar...a ver...siendo sinceros ocupan mucho tiempo y eso es una dificultad para dar todo el contenido programado”.

Lucía reflexiona: *“A mí, pensar un guion, elaborar las preguntas clave que guiarán todo... en definitiva, partir del momento principal en que no teníamos absolutamente nada (la estudiante hace referencia al hecho de enfrentarse a la pregunta de tener unas actividades preparadas pero sin un hilo conductor o preguntas que orientara dichas actividades para que los niños y niñas trabajaran de verdad por medio de la indagación), ha sido para mí como quitarse una gran roca de encima que no me dejaba pensar, razonar y, lo peor de todo, me desanimaba enormemente. Sin embargo, el ir comprobando que poco a poco íbamos labrando nuestro camino me ha dado fuerzas y motivación para llegar hasta el final. Después de esto ¡que no es poco!, creo que será una secuencia, en su conjunto, muy bonita y enriquecedora y creo que los niños aprenderán y la disfrutarán...y nuestros compañeros también...vamos...eso creo”.*

Así pues, la secuencia diseñada, el hilo conductor y guion de cuestiones planteado por este equipo, a partir de los objetivos ya estipulados se puede apreciar en el anexo 6, los resultados de la implementación se discutirán en el siguiente apartado. Una vez han finalizado la secuencia y después de que cada equipo ha entregado el documento final, se ha valorado la secuencia antes de la implementación. Como se mencionó en el capítulo 3, dicha valoración la hemos realizado teniendo en cuenta la matriz C-3 presentada en el cuadro 10, la cual se basa en una serie de indicadores de logro propuestos por el equipo de investigación y valorados con una escala tipo Likert de 1 a 3 por dos miembros del equipo.

De la puesta en común de la matriz de evaluación C-3 (ver tabla 1), para el equipo 1 se encuentra lo siguiente: la puntuación total obtenida es de 45/57 (ya que son 19 indicadores y el máximo posible sería $3 \times 19 = 57$), lo que corresponde a una puntuación media de 2,36

(haciendo la conversión a escala valorativa 1 a 3)⁵⁹. Dicha puntuación nos indica que la secuencia diseñada por el equipo 1 es favorable de acuerdo a los indicadores de logro establecidos.

Tabla 1: Cuestionario C-3 de valoración de la secuencia diseñada por el equipo 1.

Equipo N°: 1		Integrantes: Juan, Lucia, Ana, Paula		
CUESTIONES A RESPONDER	INDICADORES DE LOGRO PARA LA SECUENCIA DE APRENDIZAJE DISEÑADA	1	2	3
¿Qué enseñar?	Seleccionan los fenómenos y contenidos básicos de la ciencia que serán el foco de la secuencia.		1	
	Plantean un problema contextualizado del entorno del estudiante o situación desconcertante e interesante que sirva de hilo conductor para introducir las ideas científicas básicas que se han trabajado.		1	
	Justifican la posible importancia de los contenidos científicos seleccionados.		1	
	Proponen actividades que promueven el interés por la cultura científica e intentan salir al paso de visiones deformadas sobre cómo se construye el conocimiento científico.			1
¿Para quién?	Indican con claridad a quien puede ir dirigida la secuencia de aprendizaje (grado o grados de educación primaria).			1
	Reconocen las posibles ideas previas que pueden tener los niños y niñas con respecto a los conceptos a trabajar.			1
¿Qué van a aprender las niñas y niños?	Formulan los objetivos de aprendizaje con claridad, en relación con el hilo conductor pensado y los contenidos seleccionados.		1	
	Identifican qué habilidades de indagación y/o actitudes hacia la ciencia se enfatizarán durante la secuencia.		1	
¿De qué recursos disponemos? ¿Qué otros recursos necesitamos?	Hace uso de material didáctico disponible (TIC, laboratorios, material casero, material reciclable, etc.) y fácil de utilizar tanto para los maestros(as) como para los niños y niñas.			1
	Enuncian de forma clara y concreta los recursos didácticos que se requieren y lugar donde se llevará a cabo cada una de las actividades.			1
Temporalización	Realizan una adecuada estimación del tiempo que se requiere para llevar a cabo las actividades de la secuencia de aprendizaje.	1		
METODOLOGÍA ¿Cómo facilitar el aprendizaje?	Hacen uso de diversas estrategias de aprendizaje haciendo énfasis en la participación de los niños y niñas de modo que puedan expresar funcionalmente sus ideas –sean o no alternativas-, hacer preguntas, generar hipótesis, manipular variables, comunicar ideas, colaborar en pequeños grupos, sintetizar, manifestar inquietudes, recapitular y concluir.		1	
	Las estrategias de aprendizaje seleccionadas permiten efectivamente abordar los objetivos planteados.			1
	Se describen con claridad las actividades que han de realizar los niños y niñas para que “aprendan-haciendo”			1
	Se describe con claridad el papel del maestro durante cada actividad. Se observa claramente la coherencia entre lo que han de hacer los niños(as) y el maestro.			1
¿Cómo evaluar el aprendizaje de las niñas y niños?	Proponen una organización de los niños y niñas en pequeños equipos para gestionar mejor tanto el trabajo de aula como contribuir al desarrollo de competencias sociales.			1
	Se programa una evaluación continua por medio de la selección de actividades o instrumentos de evaluación acorde con cada una de las actividades de aprendizaje descritas en la metodología.	1		
	Proponen instrumentos de autoevaluación que le permita a los niños y niñas identificar sus logros y dificultades.	1		
	Proponen una actividad final de recapitulación y retroalimentación donde los niños y niñas pueden comunicar por diferentes métodos sus conclusiones, nuevas preguntas que han surgido, inquietudes, logros, etc.			1
19 afirmaciones.		Escala 1-3: 45/19= 2,36		3 12 30

Por otra parte, como es natural, dada la falta de experiencia de los futuros maestros con el trabajo directo de aula, se presentan unos tiempos estimados insuficientes para las actividades, lo que, los mismos integrantes del equipo notan y comprueban en la implementación en las escuelas, pese a que se tenían 3h para el trabajo de aula, las actividades A-8 a A-10 no se lograron realizar en ninguna de las dos escuelas el día de

59. Recordamos que para realizar esta conversión se utiliza una fórmula sencilla: PT/NT (donde PT es la puntuación total en la escala y NT es el número de afirmaciones), entonces la puntuación se obtiene en el continuo 1-3.

las grabaciones. También se aprecia que presentan dificultades para proponer posibles estrategias de evaluación del aprendizaje de los niños y niñas.

Hemos de aclarar en este sentido, que esto lo esperábamos, ya que los estudiantes universitarios al estar en su tercer curso universitario, de momento, no han trabajado, en las asignaturas de didáctica, metodologías de evaluación en el aula. Por tanto, lo poco que hemos podido adecuar con ellos respecto a este tema hace referencia a instrumentos generales de recogida de ideas de los niños(as), más no un estudio en profundidad de instrumentos de autoevaluación o coevaluación para el trabajo con niños y niñas.

Otro aspecto interesante, hace referencia a la situación problemática planteada en la secuencia, que como se puede ver en el anexo 6, implica introducir a los niños en un cuento sobre extraterrestres. Aunque en las tutorías discutíamos que no es preciso crear entornos fantásticos para trabajar un contenido en las asignaturas de ciencias, los estudiantes de magisterio tienen tendencia a pensar que el trabajo con los niños debe ser así para que resulte divertido, creativo y que puedan disfrutar los niños(as). Hemos observado que entre los futuros maestros de este grupo 1 se presenta cierta tendencia a pensar que el juego es la única solución en el aula de primaria para que los niños y niñas no se aburran y “en verdad aprendan”. De ahí que su secuencia tenga como hilo conductor dicho entorno fantástico. Más adelante, en el siguiente capítulo veremos que lo mismo ocurre con los miembros del equipo 2.

4.4 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS NIÑOS Y NIÑAS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA SOBRE SONIDO Y SUS CARACTERÍSTICAS

La secuencia se implementó en dos colegios diferentes (debido a los sitios de práctica de los integrantes del equipo y la cercanía a sus viviendas). Lucía implementó la secuencia en el CEIP Teodoro Llorente en Valencia, a 16 niños y niñas de 3º de Primaria; para controlar mejor el aula, la estudiante universitaria organiza a los niños y niñas en equipos de 4 integrantes y la maestra titular del colegio también se encuentra presente. Ana y Paula implementaron la secuencia en el CEIP Victoria y Joaquín Rodrigo en Puerto de Sagunto, a 21 niños y niñas de 3º de primaria; para controlar el aula deciden dividir los niños en cuatro equipos, cada una (estudiantes universitarias) trabajan con 2 grupos coordinadamente, el maestro titular no se encuentra presente en el aula, justifica que quiere dar libertad a los maestros en formación para trabajar sin presión. Dado que son niños de 3º de primaria, comprenden edades entre los 8 y 9 años.

Recordamos que la secuencia diseñada por el equipo se encuentra detallada en el anexo 6, allí se especifica qué se realiza en cada una de las actividades que se mencionan a continuación:

- Respecto a las actividades A1 y A2 de la secuencia de actividades diseñada, un ejemplo de la discusión de los equipos se presenta a continuación: cuando Paula pregunta qué notan al poner los dedos en la garganta y realizar el sonido pedido con la boca cerrada (actividad A1), el diálogo se presenta de la siguiente manera:

N1 (igual que la mayoría del grupo): *como unas cosquillitas.*

N2: son como cosquillas que se me pasan a los dedos.

N3: creo que se mueve lo de dentro de la garganta.

Paula: Vale, interesante lo que habéis dicho sobre las cosquillas que se pasan a los dedos y lo que has dicho tú (señala a N3) de que se mueve algo, tenerlo en mente, no lo olvidéis. Ahora vamos a hacer silencio y voy a golpear este objeto, se llama diapasón (lo señala) y veréis algo muy chulo, pero silencio. Golpea el diapasón contra la suela del zapato y luego la acerca a la oreja de los niños, pregunta: ¿Escucháis algo?

Varios a la vez: un silbido, un silbato.

Paula: bien. Golpea de nuevo el diapasón y a cada niño se lo pone en la oreja o en la punta de la nariz ¿Qué notáis?

N4: ¡Un calambre!!

Paula: ¿calambre? ¿Qué es eso?

N1: Calambrazo...jejeje

N8: Que sientes algo, en el dedo, un dolor

N3: A mí no me ha dado dolor, es que transmite

Paula: ¿Qué transmite?

N3: *como un rrrr* (Hace con la mano movimiento de arriba abajo) *...no sé cómo explicarlo.*

Paula: Os dije que no olvidarais lo que N2 y N3 habían dicho, ¿Qué era?

N5: que las cosquillas se pasan a los dedos.

N7: Que se trasmite un calambrazo.

Paula: Y que también oíamos el mmmm ¿no?

Todos: Sí.

Paula: y el diapasón lo oímos primero y luego sentimos el cosquilleo ¿no?

Todos: Sí.

Paula: Y si dejo el diapasón aquí, quieto, sin hacer nada, ¿se oirá el silbido aquel? Hacer silencio. ¿Escucháis algo?

N2: (acerca la oreja al diapasón) *"yo no escucho nada"*

N4: (también acerca la oreja) *"Que no, que no se escucha nada.*

Paula: Tocarlos Todos con un dedo, ¿Qué pasa?

N1: No pasa nada

N3: No se trasmite lo de antes, las cosquillas

Paula: ¿por qué creéis que ya no pasa nada?

N9: Si no le damos un golpe no hace nada.

N2: no sé, ¿porque no le hemos dado? Antes le dimos con el zapato.

N4: Hay que darle fuerte para que suene y de cosquillas.

Paula: vale, ¿y la garganta? Si nos tocamos la garganta, pero no hacemos nada ¿oís algo? ¿sentís el cosquilleo? ¿por qué?

N6: Claro que no, porque está parado (se toca la garganta). Si no hacemos el mmmm, no se siente nada.

N3: no se escucha nada si no le damos al diapasón, tampoco trasmite el rrrr.

Paula: Muestra el video de las hojas moviéndose y sonando por acción del viento. La discusión es la misma que antes. *Al final dice: vale, entonces para que suenen las cosas, hay que tocarlas o golpearlas ¿no?*

Todos: Sí.

Paula: pero y eso que llamabais cosquillas o que se trasmite un rrrr, ¿también será importante? ¿Qué creéis?

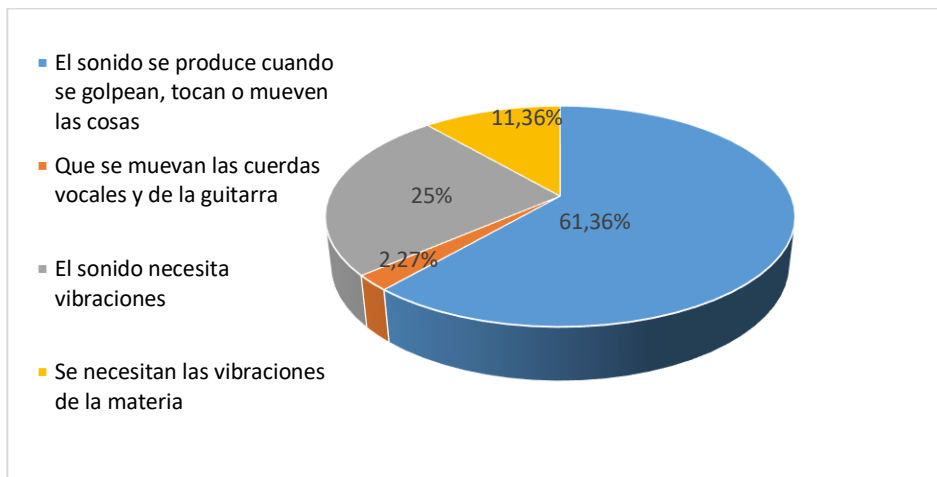
N3: *Yo digo que sí, porque se trasmite un rrrr cuando está sonando* (tiene el diapasón en la mano y lo golpea de modo que siente la vibración).

N1: con la boca cerrada podemos hacer aaaa y se oye, y también se sienten las cosquillas.
 N2: Yo también digo que sí, no puedo hacer mmmm o aaaa sin que se sientan las cosquillas.
 N5: No sé
 N4: *creo que sí*, al preguntar por qué responde: *no sé*.
 N6: ahhh...no sé...si no le das a las hojas o a esto (señala el diapasón), no se mueven, no pasa nada. Las hojas sonaban cuando se movían por culpa del aire.
 Paula: Pues lo que vosotros llamáis calambre, cosquillas o que “trasmite algo”. Todo eso se llama vibración. La vibración es simplemente que las partículas de lo que está hecho todo, nuestras cuerdas vocales, el metal de ese diapasón, las hojas, el mismo aire, toda la materia del universo se mueve (hace movimientos oscilatorios con los puños cerrados) y si no se movieran no se escucharía nada. Fijaros en esta cuerda de guitarra. ¿Se está moviendo?
 Todos: *No*
 Paula: ¿Suena?
 Todos: *No*
 Paula: (pone la guitarra sobre la mesa) pregunta: si alguno tirase de una de las cuerdas ¿qué pasará?
 N6: que suena.
 N3: la cuerda se mueve y se oye.
 N4: sí, las cuerdas se mueven y suenan.
 N8: claro que suena, las guitarras suenan si las tocas y la flauta también, con los dedos.
 N5: sí que suena, y si la estiras fuerte hace más ruido.
 N3: la cuerda tiene una vibración de esas, y luego se escucha... ¿no?
 Paula: Probar y contarme qué pasa
 N6: Suena y se mueve mucho
 Paula: ¿Cómo dijimos que se llamaba ese movimiento rápido, ese calambrazo o cosquilleo?
 N3: vibración
 Paula: Muy bien, entonces la cuerda, el diapasón y las cuerdas vocales que están en la aquí (toca su garganta) para poder sonar, para producir sonidos ¿Qué tienen que hacer?
 N1: hay que abrir la boca y moverla para que salgan las palabras
 N6: que los toquemos y se muevan
 N2: tiene que moverse cuando les damos
 N7: se tienen que mover para hacer ruido
 N4: que pasen vibraciones
 N3: hay que darle a las cosas para que suenen y necesitan vibraciones
 N8: Sí, les damos y suenan.

Del instrumento C-5.1 (detallado en el apartado 3.4.2.8) la pregunta 1 (¿Qué debe ocurrir para que se produzcan sonidos?), las respuestas de los niños las hemos agrupado en las afirmaciones de la tabla 2 (que se corresponden con las respuestas de los niños, aunque no de forma literal para todas ellas). De la muestra de 37 niños, hay un máximo de 2 afirmaciones por niño(a) en esta pregunta, con lo cual se han obtenido 44 respuestas clasificables y 4 inclasificables (tipo: “*que suene*”). Como se puede ver en la figura 19, sus respuestas tienen implícito diferentes niveles de complejidad.

Trabasso y Magliano (1996), estos autores muestran que estudiantes de diferentes niveles educativos ante un conjunto de actividades destinados a comprender un fenómeno, pueden generar tres niveles de complejidad para intentar explicar un fenómeno, a saber: inferencias asociativas (proporcionan información sobre propiedades, atributos y características de objetos y fenómenos), inferencias explicativas (con el objetivo de justificar la presencia de objetos y fenómenos) e inferencias predictivas (proporcionan información futura, anticipando hechos).

Figura 19: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a la pregunta 1(N=44).



Para el grupo de niñas y niños que nos ocupa, se aprecia que las dos primeras afirmaciones apuntan al nivel inferencial básico o asociativo, la tercera a un nivel inferencial explicativo, y la cuarta afirmación consideramos que pertenece al nivel inferencial predictivo, es decir, en la tercera afirmación, ya se evidencia que, para producir un sonido, además de lo obvio (golpear, tocar, etc.), es necesario que exista vibración de “los componentes” de los objetos. Claro está, no se evidencia que asimilen que dicha vibración es a nivel atómico-molecular, lo que era de esperar, dado que, por una parte, en tercero de primaria el contenido curricular toca los aspectos macroscópicos de los materiales al final del curso: propiedades y estados, fuentes de energía, usos de la energía.

Por otra parte, aunque en la actualidad los niños y niñas son conscientes de la existencia de las partículas porque lo oyen en diferentes sitios, juegos, medios, etc. cuesta establecer una relación clara con los contenidos científicos vistos y sobre todo expresarlo de manera escrita y oral, por ello, notábamos que nuestros niñas y niños en particular hacían referencia a “*los componentes*” e interpretamos ello como su idea de partículas que componen la materia. Referente al hecho que consideremos la cuarta afirmación como inferencias de tipo predictivo, se basa en que los 5 niños(as) que apuntaron esta respuesta extrapolan a toda la “*materia*” la importancia de la vibración para producir el sonido, pese a que en esta primera actividad se han trabajado sobre todo con materiales sólidos y aire.

- Respecto a las actividades A3 y A4. Un ejemplo del dialogo de uno de los equipos de niños(as) es el siguiente:

Ana: Y si cubriésemos por completo los objetos con los que hemos trabajado (diapasón, cuerda de guitarra, etc.) ¿sonarían igualmente?
N11: No va sonar nada

N12: Sí que suena. Yo creo que sí, no lo sé.

N13: Sí que suena, pero poco, como cuando estas con la puerta cerrada y no te oyen bien. ¿no?

N14: *No creo que sea igual, porque ya no sentiré con los dedos* (suponemos que se refiere a que con el contacto directo se siente la vibración del diapasón en los dedos y la punta de la nariz) ...*Sí, ¿no? ...no lo sé*

Ana: ¿Qué podemos hacer para comprobarlo? Mirar lo que tenemos de materiales para nuestros experimentos, a ver qué se os ocurre.

N12: *con esto* (señala las bufandas y toallas pequeñas que había junto a otros materiales de las actividades).

Ana: *Probarlo*. Aquí los niños montan un poco lio, pero después de re-dirigir un poco: *¿sentís las vibraciones, el cosquilleo? ¿oís algo?*

N12: Yo escucho mmmm, pero no siento las cosquillas (en los dedos) de antes.

N15: Se oye mmmm, aaaa, como antes.

N16: Si me tapo la boca ya no puedo hablar, nadie me entiende nada porque lo que digo no puede salir.

N17: *Sí, ya no me pasa calambres así* (señala el diapasón que está envuelto en un paño)

N14: Y creo que se escucha diferente, ya no es como silbido.

N13: Sí, no es como antes

Ana: ¿Por qué crees que no suena como antes?

N13: La toalla le roba poder...si ¿no? ...como fuerza

N14: La toalla le quita sonido

N15: Si tapamos todo no se oye nada porque la toalla no deja salir el ruido. En casa tenemos cristales antiruido y no se oyen los coches de fuera.

N18: Esto (tiene el diapasón cubierto en la mano) no suena como antes porque la toalla esconde el sonido.

Ana: muy interesante lo que habéis dicho. Vamos a ver, antes teníamos la boca cerrada y cuando la abríamos podíamos hablar bien y nos escuchábamos entre nosotros ¿no?

Todos: *Sí*.

Ana: Ahora que nos tapamos la boca y cubrimos la garganta (con la bufanda) está claro que nadie entendía los sonidos que intentábamos hacer ni sentíamos las vibraciones. ¿Qué hay aquí ahora mismo (mueve las manos de un lado a otro)? ¿Qué hay entre mis manos y que no vemos?

Todos: *Aire*

Ana: ¿Puede ser que el aire tenga algo que ver con el sonido? os acordáis cuando cubrimos con los pañuelos y las bufandas los objetos? no se escuchaban igual ¿tendrá que ver esto con la falta de contacto con el aire? Vosotros ¿qué creéis?

N13: No sé

N17: si, los calambres se sienten mejor con el aire y no con la toalla.

Nadie más dice nada.

Ana: habíais dicho que cuando nos tapan la boca "el ruido no puede salir" ¿no?

N15: Si, yo lo he dicho.

N16: yo también.

Ana: Vale, vale. Pensar en que estamos hablando ahora mismo ¿no?, y nos escuchamos. Si tocáis la guitarra la oiremos ¿no? y lo mismo con el diapasón. Y aquí estamos rodeados de aire, y cuando nos tapábamos la boca...

N16: el aire no sale, tampoco salen las palabras

Ana: *sí, muy bien, sí que tienen una relación, pero vamos a verlo mejor* (Ana muestra una bolsa de vacío y explica algunos usos, sujeta el móvil en la mano y pone una canción a un volumen normal) *¿escucháis la canción?*

Todos: *sí*

Ana: (pone el móvil dentro de la bolsa, sin cerrarla y vuelve a decir que recuerden que esas bolsas lo que hacen es quitar todo el aire de dentro, también pide un voluntario para usar la pequeña bomba de vacío) *¿Creéis que seguiremos escuchando la canción cuando sellemos la bolsa y saquemos el aire?*

N11: *creo que no* (al preguntar por qué) ... *No sé*.

N12: No (al preguntar por qué) ... Porque pasará como la boca si la tapamos, creo.

N13 Yo digo que no porque si se va todo el aire se va el ruido.

N14: Yo digo que sí se oye, pero bajo.

N15: Yo digo que no, pero no sé por qué

Los demás responden igual que N11.

Ana: *¿Qué ha pasado?* (aún con la bolsa sin abrir, completamente sellada)

Todos: que no se oye.

N18: Se ha apagado seguro.

N16: Puede ser que se ha acabado la canción

Ana: ¿Si? ¿tú crees? Pues abrir la bolsa y comprobarlo. La canción sigue sonando. Y entonces ¿qué relación podemos encontrar entre el aire y el sonido?

N15: si hay aire se oye, si no hay aire no se oye

N11: si, si no hay aire la música no se escucha

N16: con el aire podemos hablar y escuchar y sin el aire no se oye nada.

N17: sin aire no se oye la música.

Ana: si, muy bien, pero ¿por qué será que podemos oír con aire y sin aire no? pensar en esto: imaginar un pez, ¿qué necesita un pez para poder moverse?

N11: pues agua en la pecera y si es un tiburón el mar o se mueren.

N13: si, porque necesitan agua para vivir

Ana: muy bien, pero no pensemos en qué necesita para vivir, sino en qué necesita para moverse y como decíais, necesita agua. Pues, así como los peces necesitan agua para moverse, los sonidos, cualquier sonido (voz, notas musicales, un chillido, el ladrar de un perro) necesita el aire para poder moverse, viajar y así llegar a nuestras orejas. También hace una analogía con un coche y la autovía. Entonces, ¿por qué escuchábamos los sonidos de la música con la bolsa abierta y con la bolsa sin aire no? (pregunta a cada niño y niña)

N12: Necesita el aire para moverse, como las águilas.

N14: el sonido va por el aire.

N16: porque se mueve por el aire (suponemos que se refiere al sonido), es como la autovía.

N13: viaja por el aire (suponemos que se refiere al sonido), cuando quitamos el aire no puede.

N15: eso lo dimos, y también se mueve en todas las direcciones.

N11: si!!! si!!!, eso lo dimos, se mueve en todas las direcciones.

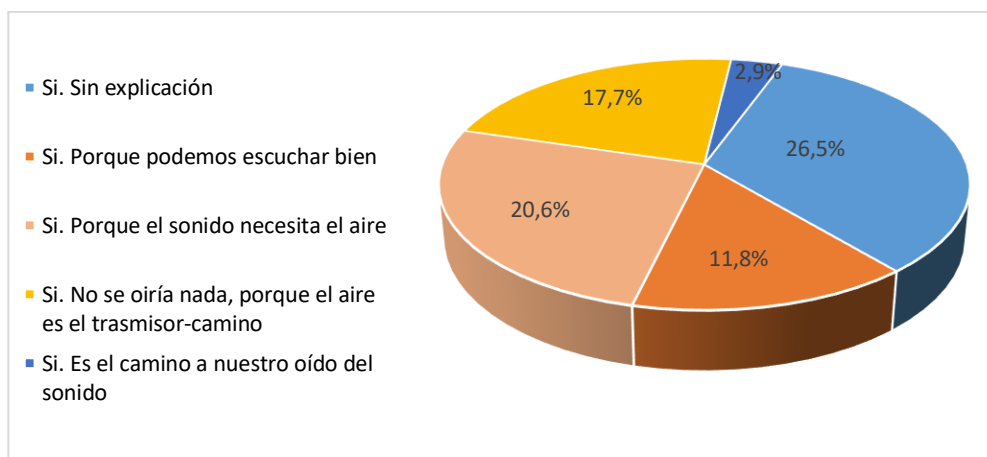
N17: el sonido anda...no... viaja por el aire

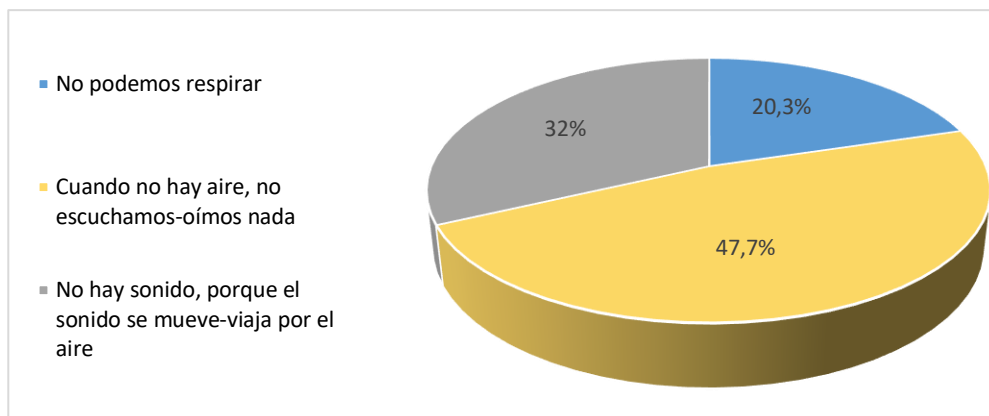
En el grupo de Paula uno de los niños también aporta: *porque el aire es el trasmisor.*

Respecto a la pregunta 2 de C-5.1 (¿logramos escuchar los sonidos cuando hay aire? Si_ No_ por qué) y 3 (¿Qué pasa cuando no hay aire? ¿escuchamos algo? por qué), hemos agrupado las afirmaciones de los niños(as) como aparece en la figura 20. Se han obtenido 34 respuestas clasificables y 3 no clasificable para la pregunta 2, en total 37 respuestas. Para la pregunta 3, se han obtenido 44 respuestas, todas clasificables.

En este caso, para la pregunta 2 se aprecia que los niños y niñas expresan sobre todo inferencias de tipo asociativo y sólo el 18% justifica que el aire es el medio por el cual se propaga el sonido; uno de los niños menciona incluso la relevancia del oído como órgano receptor de los sonidos. En cuanto a la pregunta 3, de nuevo, se evidencia que llegan al nivel inferencial básico o asociativo con mayor frecuencia.

Figura 20: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a las preguntas 2 (N=34) y 3 (N=44).





Sin embargo, en esta pregunta el 32% de sus respuestas ya apuntan a un nivel inferencial explicativo ya que en sus respuestas logran justificar que la ausencia de aire implica que el sonido no puede moverse-propagarse a través de él. Es decir, la actividad en la que definitivamente logran corroborar la importancia del aire para el sonido es en la que pueden experimentar con las bolsas de vacío y los móviles (que estaban sonando). Así se afianzó la idea de que sin aire es imposible oír sonido alguno ya que el *“sonido usa el aire para moverse”*.

- Respecto a las actividades A5 a A6 de la secuencia de actividades diseñada por el equipo 1, un ejemplo del diálogo establecido con los niños y niñas tutelados por Lucía es el siguiente:

Lucía: (después de la actividad de la película muda) hemos estado súper atentos a lo que ha pasado ¿no?,
N22: yo sí.

Lucía: ¿Quién me quiere decir que ha escuchado?

N23: *yo no, nada* (se refiere a que no ha escuchado nada en particular).

Lucía: yo creo que hemos escuchado algo. ¿Qué?

N24: yo creo que he escuchado una musiquita

N22: yo he estado atenta.

Lucía: qué ha pasado.

N22: que escuchábamos cuando comíamos las palomitas.

N25: los kikos también, cuando nos los comíamos.

Lucía: y ¿por qué creéis que los escuchábamos?

N22: porque se transmitía, como antes.

N25: porque la boca hace ruido al masticar y se puede oír.

Del grupo de Ana una niña dice: N11: porque ¿tenemos aire en la boca? Y se oye si hay aire.

Lucía: Muy interesante, muy bien. Tu idea de que se transmitía es muy interesante y muy buena idea, veamos, oímos nuestro cuerpo masticar ¿no?

Todos: Sí.

Lucía: y en ¿qué estado (sólido, líquido, gas) está nuestro cuerpo?

Todos: sólido.

Lucía: Muy bien, muy bien, pero no hemos dicho que, si no hay aire, no hay sonido, o será que también podemos oír a través de los sólidos. ¿Vosotros qué creéis?

N26: por las paredes te pueden oír.

N23: y por el teléfono también y es sólido.

N27: Por la puerta también

N22: *¿Se transmite también por las cosas?* (entendemos que quiere decir que el sonido puede propagarse también a través de los objetos sólidos)

Lucía: *Sí sí, muy bien, ahora vamos hacer unos pequeños experimentos y comprobamos vuestras ideas ¿vale?* (Pide a los niños y niñas que pongan la oreja pegada a la mesa y Lucía golpea el diapasón y lo pone sobre la mesa).

N24: ¡anda!!! Se escucha

N22: si se escucha muchísimo. Otra vez (pide que se haga otra vez).

N28: es como un silbido muy fuerte.

Lucía: y ¿por qué, por qué será que lo puedo oír?

N28: porque le has pegado. Si le pegas suena.

N26: *porque esto* (señala la mesa) *se puede mover* (entendemos que intenta hacer una analogía con el aire, dado que en las actividades anteriores se reiteraba la idea de movimiento de la materia para que exista sonido).

N22: La mesa (hace una pausa) ...lo sólido...transmite el sonido.

Lucía: *muy bien. Ahora vamos a probar con esto* (señala la caja de un diapasón, pide a uno de los niños que toque el mismo y escuchen, el sonido se propaga más). *¿Qué pasa?*

N23: hay aire y sólido y se puede oír.

N25: sí, por los dos podemos escuchar.

N26: yo lo sé. Se mueve el sonido por el diapasón y por la caja. Y se mueve todo.

Lucía: muy bien, ahora vibra todo, muy bien.

En el grupo de Ana, N16 dice: el sonido se mueve por el sólido.

Lucía: El diapasón ¿qué es?: ¿Un líquido, un sólido?

Todos: *sólido*

Lucía: y la mesa ¿qué es?

Yodos: *Sólida*

Lucía: Y nuestros dientes ¿qué son?

Todos: *Sólidos*

Lucía: entonces, hemos visto que cuando hay un sólido sí que escuchamos ¿no?

Todos: *Sí.*

Se inicia la actividad A7.

Lucía: ya sabemos que escuchamos a través del aire. El aire podemos decir que es un gas ¿verdad? Es un gas.

TODOS: sí.

LUCÍA: entonces escuchamos por los gases, por (toca la mesa) ¿cómo se llamaba esto?

N7: sólido.

LUCÍA: aja. Y qué pasará con el líquido ahora. Porque nosotros íbamos a bañarnos y nos metíamos en los lagos, unos lagos súper chulos, y ¿qué creéis que pasaba debajo del agua?

Todos: (silencio).

Lucía: ¿nunca habéis jugado al juego este, de adivinar películas debajo del agua?

Todos: no.

Lucía: pues nosotros siempre jugamos a meternos debajo del agua, y uno fuera dice el nombre de una peli y el que está dentro lo tiene que adivinar.

N27: pero ¿debajo del agua?

Lucía: sí, debajo del agua.

N27: sí que lo he hecho, pero diferente, hablando, diciendo: hola.

Lucía: pero ¿lo oías?

N27: sí, pero se oía muy raro.

N24: sí que es verdad, no se oye bien.

LUCÍA: sí, se oía raro, pero se oía ¿no? Vamos a oír algunas voces bajo el agua (muestra el vídeo de los niños bajo el agua).

(Después del vídeo)

LUCÍA: y ¿qué pasará con los animales? Porque hay algunos animales que hacen ruido también.

N22: sii. La ballena.

Lucía: muy bien, la ballena hace ruido también. Entonces, ¿por el agua también se podrán mover los sonidos?

N22: sí, pero no se oye bien.

N23: sí que hay sonido, pero se oye diferente por el agua.

N24: porque sí, porque tiembla el líquido.

Lucía: Si tiembla, vibra o se mueve, podemos escucharlo.

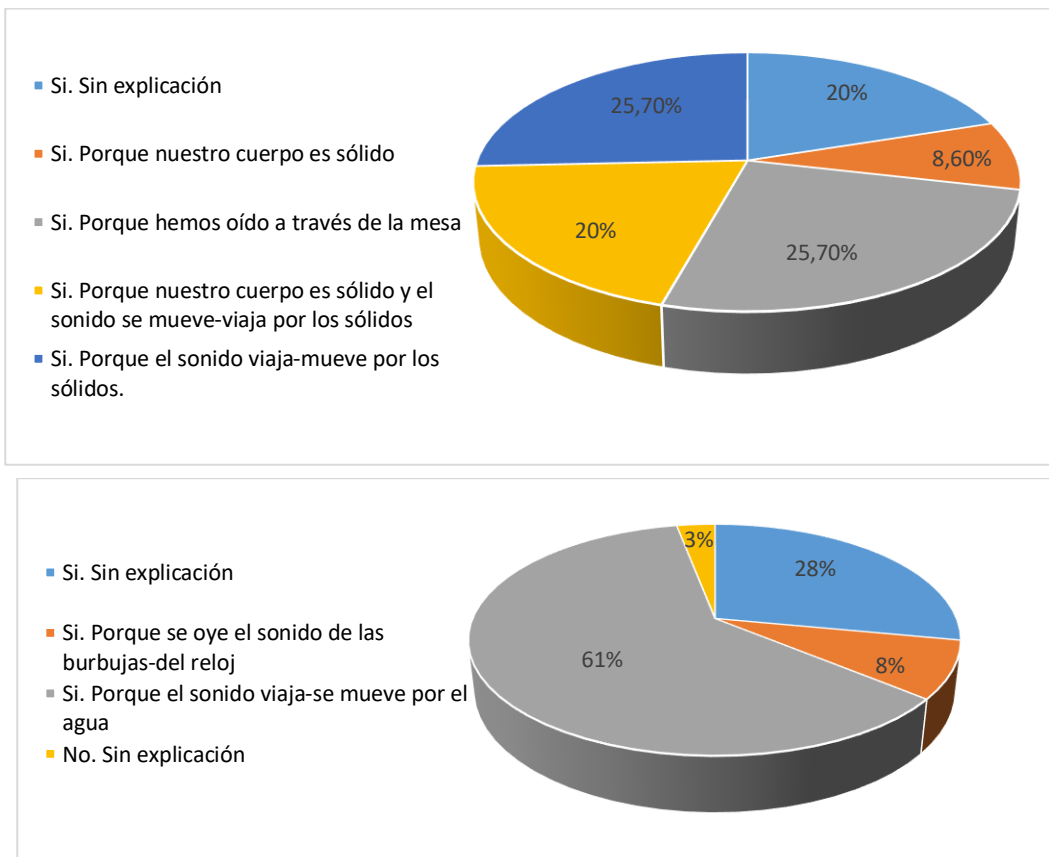
N24: como en la masclètà que tiemblan las casas y todo con los petardos. Y se oyen muy fuerte.

N26: El ruido se puede mover por el agua.
 En el grupo de Paula, N4 dice: que el sonido viaja por el agua también.

Así pues, del diálogo y las respuestas escritas de los niños a las preguntas 4 (¿podemos escuchar a través de los sólidos? ¿por qué?) y 5 de C-5.1 (¿podemos escuchar a través de los líquidos? ¿por qué?) se han obtenido los porcentajes de las diversas respuestas presentadas en la figura 21.

Para la pregunta 4 se ha obtenido un total de 35 respuestas clasificables y 6 respuestas inclasificables. Se puede apreciar en el cuadro que en total más del 45% de sus respuestas apunta a inferencias de tipo explicativo y no sólo asociativo, ya que extienden a todos los sólidos la característica de medio por el que *puede viajar-moverse* el sonido. Lo cual también lo expresan con ejemplos de uso cotidiano, como se veía en el diálogo de arriba. Es más común para los niños asimilar con facilidad esta idea, dado que tienen experiencias en la vida cotidiana que asocian a la explicación con mayor rapidez (se puede escuchar al otro lado de la pared, el uso del teléfono, etc.).

Figura 21: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a las preguntas 4 (N=35) y 5 (N=36).



En cuanto a la pregunta 5, se han obtenido 36 respuestas clasificables, uno de los niños no responde a esta pregunta. Como se puede apreciar en el cuadro 17, el 60% de las

respuestas se inclinan a un nivel inferencial explicativo del fenómeno, en el que reconocen que, por lo menos para el caso del agua, el sonido se propaga por dicho medio. Dado que no han experimentado con otros líquidos a parte del agua, todas sus respuestas usan la misma como referencia y no la palabra líquidos para generalizar. Es un punto importante, dado que nos muestra que la actividad ha tenido un pequeño fallo y debió haberse probado con otros líquidos para que correlacionaran el hecho de que, el sonido se propaga en todos los líquidos, no sólo en el agua.

- Respecto a las actividades A8 hasta A10, recordar que, como explicábamos en el capítulo 3, no se pudieron realizar el día que grabamos la implementación. Sin embargo, las maestras en formación sí que realizaron al final de la sesión una recapitulación. Un ejemplo del diálogo presentado es el siguiente:

Lucía: Todos los habitantes del planeta Diapasón ya comprendíamos por qué no podíamos escuchar, que es lo que acabamos de ver aquí. Entonces, a ver, quién me puede decir o a ver si entre todos sacamos lo que hemos aprendido hoy. A ver, quién me lo puede decir.

N22: Que podemos oír el sonido por el sólido, en el aire y en agua.

Lucía: Y, además, hay una cosa más que necesitamos para que haya movimiento, una cosa que hemos notado antes.

N27: la vibración.

N23: La vibración.

N28: hay como unas letras vocales que nos permiten hablar.

N24: cuerdas

Profesor de música: *Mirar cómo se mueven las cuerdas, como vibran* (toca una cuerda de la guitarra y pasa por cada pequeño grupo para mostrarlo) *¿lo veis?*

N25: síii, es verdad, vibra.

Lucía: exactamente, y quien me quiere decir cosas que pasarían si no hubiera sonido.

N27: Nos quedaríamos sordos.

N23: No nos podríamos comunicar y que tampoco podríamos hablarnos.

N24: tampoco podríamos escuchar la guitarra o ninguna música.

En la sesión de Paula y Ana:

Ana: A qué conclusiones hemos llegado, alguien me lo puede decir:

N7: Que el sonido viaja por el aire

Otros niños también lo dicen.

Ana: ¿por algún sitio más?

Todos: Síiii!!!

N3: Y por el sólido.

Varios: Y por el agua.

Ana (toma el modelo de oreja que tienen en el aula) *¿qué es esto?* (Los niños ya han visto características de los órganos de los sentidos en clases anteriores)

Todos: La oreja

Ana: Y quién me quiere explicar algo de la oreja

N4: yo me lo sé.

Ana: es una parte muy importante del cuerpo porque nos permite percibir

N4: el sonido

N5: y las vibraciones

Ana: muy bien, exacto, esas vibraciones llegan aquí (señala los huesillos del modelo) y cómo se llama esta parte:

Varios: *Timpà* (responden en Valenciano, dado que ven la asignatura en Valenciano)

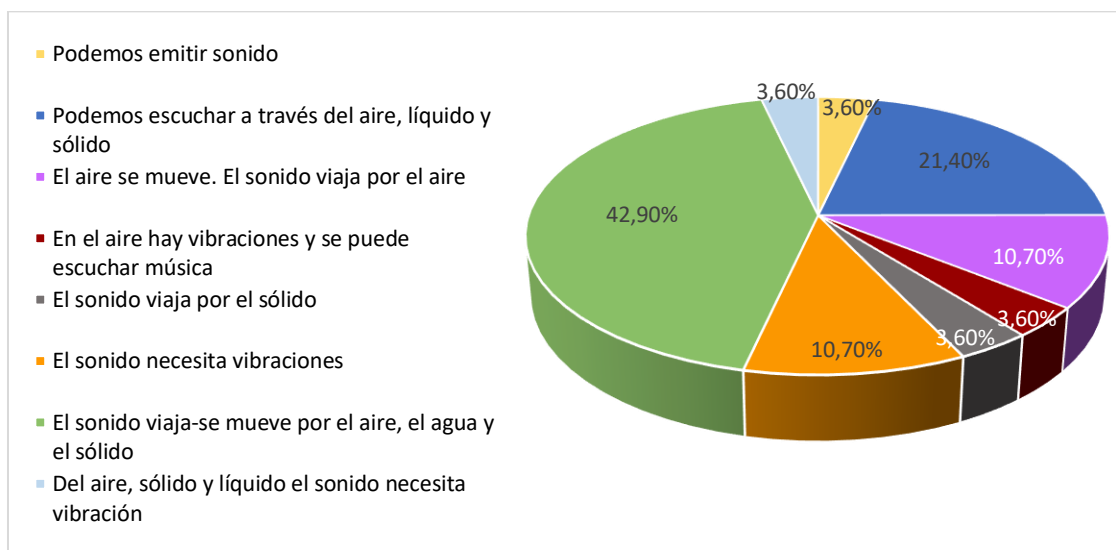
Ana: muy bien. Y ¿qué pasa aquí? A ¿dónde van ahora esas vibraciones?

N5: que pasan al nervio...

N4: auditivo
 Varios: Si, auditivo.
 N4: y al cerebro.
 Ana: Muy bien. Ahora completemos la última pregunta de la ficha va.

Las respuestas de los niños a la pregunta 6 de C-5.1 (¿Qué he aprendido con respecto al sonido? Apunta todo lo que hayas aprendido) se han agrupado como se ve en la figura 22. Se han obtenido un total de 39 respuestas (solo 2 niños escriben dos ideas diferentes), de las cuales 28 son clasificables y 11 inclasificables. Como se aprecia en el cuadro, el 25% de sus respuestas (las dos primeras afirmaciones) evidencian un nivel inferencial básico, de tipo asociativo.

Figura 22: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas a la pregunta 6 (N=39).



Las tres siguientes afirmaciones, que corresponderían a un 17,9% evidencian un nivel explicativo mayor, dado que usan algunas ideas científicas trabajadas en las actividades, pero, no todas ellas. Finalmente, las tres últimas afirmaciones, que corresponden a un 57,2% de las respuestas de los niños, evidencian un nivel explicativo más complejo, dado que introducen en sus conclusiones todas las ideas trabajadas durante las actividades. Algunos ejemplos de las conclusiones a las que llegaron los niños son:

7. A qué conclusión podemos llegar después de haber hecho estas actividades.

del aire, líquido y sólido el sonido necesita vibración

7. A qué conclusión podemos llegar después de haber hecho estas actividades. Que el sonido viaja por el agua, sólido y por el aire

7. A qué conclusión podemos llegar después de haber hecho estas actividades.

El aire se mueve
El sonido se propaga por aire

7. A qué conclusión podemos llegar después de haber hecho estas actividades. Que se puede emitir el sonido en agua, aire, sólido.

7. A qué conclusión podemos llegar después de haber hecho estas actividades.

Con el sólido, el líquido y gaseoso podemos oír y el sonido necesita vibración.

4.5 RESULTADOS RESPECTO A LA VALORACIÓN Y REFLEXIÓN FINAL DE LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO SOBRE EL PROYECTO REALIZADO DURANTE EL CUATRIMESTRE

Una vez implementada la secuencia en la escuela y, siendo la etapa final del cuatrimestre, se realizaron las últimas valoraciones y reflexiones, por parte de los estudiantes de magisterio que participaron en la investigación, en torno a dos aspectos: 1) La indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y, 2) El programa de formación en el que participaron durante el cuatrimestre. Por ello, se comentarán en el apartado 4.5.1, las valoraciones y reflexiones de Lucía respecto a la posible apropiación del modelo de indagación. En el apartado 4.5.2 mostraremos el caso de Ana. En el apartado 4.5.3 el caso de Paula. Dado que Juan no logró realizar la implementación en ninguna de las

escuelas, no podemos valorar su actuación en una clase real y la puesta en práctica del modelo.

4.5.1 El caso de Lucía

Como explicábamos en el capítulo 3, otra de las intenciones principales de la investigación era valorar si realmente los maestros(as) en formación lograron iniciarse en el modelo de indagación de forma práctica: a) evitando dar explicaciones anticipadamente a los alumnos y, más bien, permitiendo, por medio de cuestiones, generar discusiones que guíen el desarrollo de las actividades; b) siendo asertivos a la hora de mediar en las discusiones de los niños y niñas en las actividades y, por tanto, permitiendo su participación activa para generar preguntas, hipótesis, sintetizar, discutir dudas, experimentar para poner a prueba sus ideas, concluir a partir de la evidencia, sintetizar etc.;

c) valorar si intentan o no salir al paso de algunas visiones deformadas de la ciencia y, d) analizar sus ideas respecto a los contenidos científicos trabajados. Es decir, valorar si en su conjunto se ve favorecida su competencia docente en el tema del sonido. Por ello se realizó, no sólo la valoración de la secuencia de enseñanza-aprendizaje como tal, sino la implementación de la misma y actuación del futuro maestro, por medio de la matriz de observación que denominamos C-4 (matriz de valoración de escala tipo Likert, dos miembros del equipo por separado).

El cuestionario para el caso de Lucía se muestra en la tabla 2. Según la matriz de observación y la grabación de clase, su valoración numérica sería de 2.37 sobre 3, lo que nos muestra un dominio adecuado del modelo. Es decir, se evidencia para esta maestra en formación que, en efecto, tiene en cuenta las ideas previas de los niños y niñas mientras se iban trabajando las actividades y guiaba las mismas de manera que la participación de las niñas y niños fuera activa, es decir, permitía que comentarán sus ideas al intentar resolver alguna cuestión de una actividad, también sus dudas, además los niños eran quienes realizaban los experimentos con los materiales y en caso de estar perdidos ella intervenía para guiarles.

Tabla 2: Cuestionario C-4 de Lucía. Para valorar el uso del modelo de indagación.

Equipo N°: 1		Integrantes: Lucía			
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS			
		1	2	3	
GESTIÓN DE LA CLASE	M E T O D O L O G Í A	Actividades de inicio: Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).			1
		Actividades de desarrollo: Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.			1
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.			1
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.	1		
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.		1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.		1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.	1		
	El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.		1		
	E V A L U A C I O N	Realiza una valoración inicial que permite: Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.	1		
		Realiza actividades de evaluación que permiten: Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.		1	
Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.				1	
CLIMA DE AULA	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).			1	
	Motiva a sus estudiantes para que participen.			1	
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.			1	
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.			1	
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.			1	
	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.			1	
ARGUMENTACIÓN	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.		1		
	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.		1		
MANEJO DE LA VOZ	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).			1	
	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos. Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.	1			
LA POSTURA ESPACIAL	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad			1	
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda			1	
	Evita estar estático con las manos en los bolsillos			1	
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.			1	
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.			1	
27 afirmaciones. Escala 1-3: 64/27=2,37		4	18	42	

Sin embargo, se percibe una preocupación excesiva por lograr realizar todas las actividades, con lo cual, la discusión entre los pequeños equipos es casi inexistente y en sus intervenciones se notaba demasiada rapidez al hablar, con un tiempo de espera (*wait time*) insuficiente para la discusión en los grupos. Con lo que es posible que algunos niños(as) se perdieran en alguna actividad. Como se mencionaba en el análisis de la matriz C-3, las actividades o momentos que permitiesen a los niños la autoevaluación de su aprendizaje son casi inexistentes.

Sí que es importante destacar que Lucía al final de la realización de la secuencia, se toma su tiempo para desarrollar una recapitulación de todo el trabajo realizado y hace partícipe a las niñas y niños permitiendo que fuesen ellos mismos quienes aportaran las posibles ideas aprendidas con las actividades (como se vio más arriba en los ejemplos de diálogos). Otro aspecto a resaltar, es el relacionado con la identificación de posibles

concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pudieron haberse transmitido con la secuencia propuesta.

En el caso de Lucía, aunque igualmente pasa con Ana y Paula, se evidencia que durante las actividades algunos niños podrían haber interpretado que el sonido es una especie de sustancia “que se mueve a través de los tres medios trabajados (sólido, líquido y gas)” dado que la idea del mismo, como una vibración de todo tipo de materiales, sólo se trabajó inicialmente en la primera actividad y ninguna de las maestras en formación la volvió a retomar durante las siguientes actividades.

Igualmente sucede con el hecho de sólo haber trabajado con aire, para representar los gases y, agua para representar los líquidos; como mencionábamos en el apartado anterior, al no haber trabajado con otros gases y líquidos, la mayoría de niñas y niños se han quedado con la idea de que el sonido se propaga a través del aire y el agua sólo, 2 o 3 niños han logrado hacer la extrapolación a los gases y líquidos en general.

Según el cuestionario final C-6 (recordamos que los criterios de valoración para este instrumento se presentaron en el cuadro 14, apartado 3.4.2.9 del capítulo 3) en el que se recogen datos escritos sobre la apropiación y reflexiones finales en torno al modelo de aprendizaje como indagación, para Lucía, se tienen los siguientes resultados:

4.5.1.1 Respetto al conocimiento de la disciplina⁶⁰

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8 del cuestionario final C-6, así como también el cuestionario C-2 (cuestionario en que se pide a cada uno de los estudiantes que realice un análisis de sus propias visiones deformadas de la actividad científica, una vez han realizado seminarios y lecturas respecto a dichas visiones). Una aclaración importante, veremos que a veces las respuestas están escritas en ordenador y otras veces a mano.

Dado que el cuestionario final comprendía bastantes preguntas decidimos que se realizaría en dos partes, en días diferentes, para que los estudiantes fuesen lo más sincero posibles en sus respuestas y pudieran escribir todo lo que realmente pensaban sin agobiarse por tiempo o cansancio. Así pues, un día han utilizado el formato directamente en el aula de informática, pero otro día respondieron escribiendo a mano algunas de las respuestas a las preguntas. Las respuestas de Lucía son las siguientes:

60. Recordar que, según planteamos en nuestro marco teórico, entendemos este conocimiento de la disciplina no sólo como el adecuado conocimiento del contenido científico a enseñar sino también el correspondiente a NdC.

1. Explica 3 contenidos básicos que se logran abordar en la secuencia de aprendizaje diseñada por tu equipo.

- El sonido se produce por la vibración de los cuerpos (de la materia).
- El sonido necesita un medio por el que propagarse.
- El sonido se propaga por el aire (estado gaseoso).
- El sonido se propaga por los sólidos.
- El sonido se propaga por los líquidos.
- No hay sonido sin aire.
- Sonido y ruido no son lo mismo: es necesario un uso responsable de éste.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

- A. observación B. hipótesis C. generalización D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Desde mi punto de vista, esta frase es una ^{nueva} hipótesis que se plantea Fleming al observar los cambios producidos en su estudio después de un tiempo de inactividad. Por esto, podemos decir que es una hipótesis fruto de una observación. Además, dice "puede estar produciendo..." es decir, está redactado como un interrogante, una duda, que todavía tendrá que comprobar para ver si dicha hipótesis es cierta o no.

7. Lee la siguiente afirmación: "El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse". Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta.

Como hemos visto en clase, no siempre es necesaria la realización de experimentos para desarrollar un conocimiento científico. Podemos alcanzar un nuevo conocimiento científico mediante pruebas, cálculo,

Un ejemplo ~~de~~ de esto es la Tª de la relatividad, o cualquier conocimiento científico que, por sus características, no podamos experimentar, y por lo tanto, deberemos de utilizar otros medios para desarrollarlo.

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta.

Desde mi punto de vista, esta actividad está planteada desde el modelo aprendizaje por descubrimiento, ya que el docente no orienta al alumno, ni pregunta sus ideas previas, ni hace una introducción al tema... Simplemente, da una serie de instrucciones. Además, le da una excepcional importancia a la observación.

¿Qué visión o visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades? ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

Con este tipo de actividades podemos transmitir una serie de visiones ~~distorsionadas~~ distorsionadas de la ciencia. Por un lado, transmite una visión descontextualizada, donde parece que la ciencia es independiente al contexto y/o ambiente. Da a entender que la ciencia solo se puede hacer en un laboratorio, por otro lado, transmite una visión individualista de la ciencia, ya que el experimento y la observación la llevan a cabo cada alumno individualmente.

También podemos decir que transmite una visión empirista-teórica y aprobemática-existencial, ya que en ningún momento del experimento se hace referencia a los posibles problemas, limitaciones, etc. que puedan surgir. Además, transmite también una visión rígida porque establece y marca de forma muy clara los pasos a seguir en el experimento.

Sin embargo, podemos destacar ~~que~~ que no transmite una visión elitista de la ciencia, ya que esta actividad la llevan a cabo alumnos y, por lo tanto, está dando a entender que la ciencia no es un privilegio reservado para algunos (normalmente científico aislado de todo blanco, varón...)

Después de haber finalizado el cuatrimestre y haber realizado el proyecto en equipo, Lucía tiene claridad, conceptualmente hablando, sobre las ideas científicas básicas trabajadas en su proyecto. Sin embargo, se sigue apreciando que prefiere expresarlo en un nivel de complejidad inicial (muy parecido al que expresaron los mismos niños), dado que las descripciones aportan estrictamente la idea científica básica sin profundizar hacia una explicación molecular. Igualmente, el lenguaje científico utilizado es sencillo.

Se aprecia también, dadas las respuestas a las preguntas 6, 7 y 8 que, con base en los seminarios, tutorías y diálogos realizados durante el cuatrimestre, la estudiante ahora argumenta de una manera mucho más fluida y profunda, sus conocimientos sobre NdC e incluso reconoce perfectamente actividades (pensadas para niños) que, tal y como están estructuradas, no tienen sentido alguno dentro del modelo de indagación, así como también identifica y argumenta con claridad las posibles visiones deformadas de la ciencia que pueden ser transmitidas con ellas.

Este aspecto es muy interesante, porque si comparamos con sus argumentaciones iniciales en el cuestionario 1, veíamos, que al igual que la mayoría de maestros(as) en formación, tenían una tendencia al empiro-inductivismo y la selección de las actividades para su secuencia iban encaminadas a ello. Después de la realización de todo este proyecto se aprecia una evolución de sus ideas y un aprendizaje que ahora le permite

distinguir actividades enfocadas a la indagación de otras que no lo son. Por otra parte, producto del análisis metacognitivo (Cuestionario C-2) respecto a sus propias visiones deformadas de la actividad científica, Lucía analiza sus propias visiones llegando a las siguientes conclusiones:

3.2 a) Responde y completa:

Visiones Distorsionadas que tengo de la ciencia por acción:

Explica por qué

Rígida, algorítmica, infalible

Porque pensaba que las “evidencias”, las invenciones y la creatividad eran formas de formular hipótesis y que sí existían unos patrones para validar o rechazar estas hipótesis.

Exclusivamente analítica

Porque tenía la opinión de que no era necesario simplificar los problemas científicos.

Visiones distorsionadas por omisión

Aproblemática y ahistórica

No me había parado a pensar en el proceso que se llevó a cabo para concretar teorías, ni los obstáculos que fue preciso superar, los cambios, remodelaciones, etc.

Acumulativa, de crecimiento lineal

¿Qué visiones adecuadas de ciencia tengo?

1. No descontextualizada
2. No individualista y elitista

Fijémonos en que del propio análisis que realiza, Lucía encuentra que tiene una visión rígida de la actividad científica dado que pensaba que el método científico tiene unas fases exactas (lo que ella llama *patrones para rechazar o validar las hipótesis*). Al preguntarle qué quiere decir con “*las evidencias, las invenciones y la creatividad eran formas de formular hipótesis...*” la estudiante explica que pensaba que *hacer observaciones y a partir de allí deducir la teoría era posible, o sea, se forman evidencias*”, es decir, confundía observaciones con hipótesis y que, “*sólo los momentos de invención o creatividad ocurren cuando se hacen hipótesis, no el resto de una investigación*”.

La primera frase como vemos, no pertenece a una visión rígida-algorítmica, pero sí a una visión empiro-inductiva, que ella al hacer el análisis de sus ideas da por superada. También es interesante notar como apunta que antes creía que los problemas científicos no hacía falta simplificarlos para poderlos estudiar, es decir, no tenía claro la importancia del acotamiento de un problema y del posible control de variables que implica. Así como también, reconoce que obviaba los posibles problemas, obstáculos y cambios que puede sufrir una teoría científica. Lo que concuerda con lo analizado respecto a la visión rígida e infalible.

Respecto a las visiones de actividad científica que da por superadas, las dos primeras coinciden exactamente con el análisis que realizábamos de su cuestionario C-1. Sin embargo, como afirmábamos en párrafos anteriores y en el anterior mismo, siguen existiendo, en alguna medida, la presencia de una visión empiro-inductivista dado que es una de las más asumidas y transmitidas durante la etapa escolar.

4.5.1.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14 del cuestionario final. De nuevo recordamos que unas veces dichas preguntas se han rellenado en formato electrónico, directamente en el aula de informática y otras preguntas se han rellenado a mano. Las respuestas de Lucía son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

En este contexto podríamos calificar las competencias como sinónimo de objetivos. Por tanto, algunos de los objetivos propuestos para los niños son:

- Relacionar la vibración de los cuerpos (de la materia) con la producción de sonido.
- Asociar el vacío a la ausencia de sonido.
- Valorar la importancia del sonido, promoviéndose así su respeto y buen uso.
- Comprobar la transmisión del sonido por los diferentes medios: sólido, líquido y aire (gaseoso).
- Sintetizar las nociones aprendidas durante el desarrollo de la sesión.

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

Antes de trasladar la propuesta al aula tuvimos que planificar actividades y objetivos, los miembros del grupo tuvimos que realizar un profundo trabajo de documentación para poder lograr los conocimientos suficientes del tema y desechar las ideas previas erróneas.

En la propia propuesta, los niños y niñas tienen la necesidad de realizar pequeños experimentos de indagación/investigación, para relacionar causas físicas con su efecto. De hecho, una de las características psicoevolutivas de los niños/as de 8 y 9 años es precisamente ésta: comienzan a relacionar causas físicas con su efecto.

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta

Nuestra propuesta didáctica "Sonidos y fenómenos acústicos" está basada en una metodología de *aprendizaje activo*, concretamente, en un *aprendizaje basado en pequeños problemas*, todos ellos contextualizados en un *juego de rol o simulación*. Las mismas actividades fueron comprobadas y verificadas por nuestro equipo de docentes antes de implementarlas con los/as niños/as. Para superar con éxito dicha propuesta,

los niños tendrán que *trabajar en grupo* y proceder a la *presentación escrita de trabajos*, lo cual se ve reflejado en la ficha de resultados. Esta herramienta nos permitirá realizar una evaluación objetiva sobre el aprendizaje de los alumnos, además de la *retroalimentación* colectiva que se realiza al final de la sesión: sin retroalimentación no hay aprendizaje.

Por otro lado, el equipo de docentes también ha utilizado, para guiar correctamente la sesión, sus propias estrategias de aprendizaje, como son los *seminarios* que se tuvieron que realizar en el proceso de planificación, también la *presentación escrita de trabajos, estrategias de procesamiento de la información* (como son las preguntas del tipo “¿Qué pasaría si...?”) y, en último lugar pero no por ello menos importante, el uso de las *TIC’s*.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Puedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos.
- Los sólidos y los líquidos funcionan como aislantes del sonido.
 - El sonido se propaga más rápido por el aire.
 - Sonido y ruido no son lo mismo.

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí	x
----	---

No	
----	--

¿Por qué?

A los hechos me remito. Seguramente todas recordamos al niño “problemático” diagnosticado con TDH, principios de autismo, principios de esquizofrenia, síndrome de Asperger... No obstante, este niño fue quien sintetizó, al final de la clase, todas las nociones básicas que habíamos querido enseñar con nuestra propuesta.

Al finalizar la sesión, mi tutora de prácticas, entre lágrimas, me dijo: “Llevo años diciéndole a la gente que este niño podía aprender como todos los demás, pero nadie me creía. Has tenido que venir tú para demostrarlo”.

Del resultado de estas preguntas, se puede apreciar, en las respuestas a la pregunta 3 y 4, que Lucía reconoce lo valioso que es el proceso de fundamentación y planificación previa basada en un conocimiento del contenido, el establecimiento de unos objetivos claros y tener en cuenta las ideas previas respecto al tema a trabajar, aspectos que son prioritarios a la hora de querer enseñar por medio de la indagación. Otro argumento que resalta la estudiante, es la realización de actividades que concuerden con las características psicoevolutivas de los niños y niñas a esas edades, lo que podría interpretarse como una preocupación excesiva por las capacidades de los niños a ciertas edades, asunto que, en efecto, es relevante, pero que también puede llegar a limitar la idea que se tiene sobre qué puede o no hacer un niño(a) y, por ello, no es aconsejable

que condicione al maestro, como se ha visto en algunas investigaciones (Metz, 1995, 1997, 2008).

Lucía también menciona otro aspecto considerablemente importante que pertenece al modelo de aprendizaje como indagación: Trabajar un tema basándose en cuestiones o problemas y lo que la estudiante llama “*metodología de aprendizaje activo*”, que entendemos hace referencia a la participación activa de los niños y niñas en el que sus ideas y dudas son tenidos en cuenta al momento de desarrollar las actividades, así como también el trabajo en grupos o equipos. Menciona la relevancia de que los niños manifiesten en forma de “*trabajos escritos*” lo aprendido para así tener una “*evaluación objetiva*”. Esto nos indica que su concepción sobre metodologías de evaluación necesita ser trabajada, pero como mencionábamos en la valoración de la matriz C-3, es un tema que los estudiantes de tercer curso de Magisterio no han tenido la oportunidad de analizar o trabajar en las didácticas que han visto hasta el momento en su carrera.

Así mismo es interesante como argumenta que dentro de las estrategias de aprendizaje, no sólo se incluyen las que lograron introducir en su secuencia sino, como estudiantes de magisterio, la serie de estrategias que le han permitido poder desarrollar esa secuencia. Menciona los seminarios durante el proceso de planificación, presentación escrita de trabajos (hace referencia a las ideas que solicitábamos de forma escrita durante todo el cuatrimestre y que nos han servido como soporte para esta investigación) y también menciona el profundo trabajo de equipo que han realizado (matizamos nosotros que tanto dentro como fuera de la Universidad). Todo ello nos muestra una razón de peso, de la importancia de permitir a los maestros y maestras en formación vivenciar procesos en los que se les permita planificar, diseñar y analizar didácticamente el currículo que en un futuro trabajarán en las aulas.

Como se evidencia en otros estudios, estos espacios de formación, en los que los contenidos a enseñar son sujeto del análisis y discusión didáctico-científica, son los que permiten repensar los contenidos curriculares de una asignatura y transformar o recrear didácticamente dichos contenidos para ser enseñados (Shulman, 1986, 1987; Grossman et al., 1989, 1990; Bolívar, 1993, 2005; Mellado 1997, 2012; Garritz y Trinidad, 2006; Abell, 2007; Talanquer, 2004, 2014; Padilla, et al., 2008; Acevedo, 2009a, 2009b; Mellado et al., 2011).

Precisamente a estas innovaciones curriculares se le está reconociendo desde hace más de una década su valor al denominarlas “*investigaciones basadas en el diseño curricular (design-based-research)*” y, por ello, ya aparecen publicadas como artículos de investigación en revistas de alto impacto científico y didáctico referentes a varias etapas

educativas (Anderson y Shattuck, 2012; Guisasola, et al., 2017). A título de ejemplo de reconocimiento explícito citamos que esta nueva línea de investigación se destacó por uno de los ponentes en uno de los tres debates del recién X Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias realizado en Sevilla (septiembre de 2017).

Por otra parte, como se puede leer a partir de la respuesta a la pregunta 14, se nota en Lucía, lo mismo ocurre con Ana, Paula y la mayoría de futuros maestros que lograron implementar la secuencia, una tendencia un tanto ingenua (puede ser que provocada por su falta de experiencia o por un desconocimiento sobre la complejidad de cómo los humanos comprendemos ciertos contenidos en profundidad y la necesidad de que sean trabajados a largo plazo) a percibir que la realización de una sola secuencia de aprendizaje sobre un contenido científico es más que suficiente para darlo por entendido del todo.

Sin embargo, en el caso particular de la implementación en la escuela de Lucía, sí que ha de resaltarse que, el niño con el síndrome de Asperger y con problemas para *“seguir la actividad y sacar provecho de ella”* y que según nos contaba la maestra de la escuela no se centraba con facilidad en las clases normales, ha sido el niño más participativo y que más ideas y explicaciones daba en el equipo en que trabajó. Desde luego los demás niños también aportaron ideas, dudas y explicaciones ante las actividades desarrolladas (como se muestra más arriba en los ejemplos de diálogos). Como investigadores resaltamos estos aspectos, porque como se aprecia también en otros estudios (Metz, 1995, 1997, 2004, 2008, 2011; Abell et al., 2006; Schwarz et al., 2007, 2009a; Harlen y Qualter, 2009; Zembal-Saul, 2009; Minner, 2010), la indagación como modelo de aprendizaje muestra buenos resultados sobre las actitudes y aptitudes de los niños y niñas hacia las ciencias.

4.5.1.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de Lucía son:

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

Antes no sabía:	Ahora sé:
Ampliar mi “campo de visión” para tener en cuenta un número considerable de variables.	Planificar actividades teniendo en cuenta las características psicoevolutivas y necesidades de los niños (por lo menos a este nivel).
Formular correctamente objetivos.	Formularlos correctamente y diferenciar los objetivos del profesorado y los del alumnado (aunque no recuerdo el nombre específico).
Guiar adecuadamente el proceso de aprendizaje de los niños.	Plantear preguntas clave que “enciendan la bombilla”.
Planificar una propuesta didáctica.	Planificar una propuesta didáctica para segundo ciclo de primaria y elaborar un trabajo que detallase cualquier actividad y/o dato, para que cualquier otro docente pueda realizar la misma propuesta sin mi ayuda.
Por supuesto, muchos conceptos y nociones sobre el sonido y su transmisión, aunque mi formación como músico me ha permitido estar algo aventajada.	

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta)
Trabajar desde actividades que llaman la atención de los niños, también desde sus ideas previas y adaptar dichas actividades a sus necesidades y expectativas.	Diferencia entre sonidos graves y agudos, fuertes y débiles. Es lo que se llama las cualidades del sonido.
Convertir el aula fría e inerte en un lugar acogedor y cómodo.	Diferencia de la textura del sonido (voz, instrumento de viento, de metal, de percusión, de cuerda frotada, de cuerda percutida, etc.).
Promover un buen ambiente de trabajo cooperativo en el aula.	La percepción del sonido por el oído humano tiene un límite, no podemos escuchar sonidos a cualquier frecuencia, sino que tenemos un umbral de percepción.
Actividades diferenciadas de la rutina también para los docentes: motivación.	Los animales son más sensibles que nosotros al sonido (relación con desastres naturales: terremotos, tsunamis, etc.).

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

La mayor dificultad ha sido, sin duda alguna, la planificación: pensar una temática, diseñar actividades, desechar ideas, tener en cuenta un número sin fin de variables, redactar un guión, elaborar las preguntas clave... En definitiva, partir del momento principal en que no teníamos absolutamente nada pero había que hacerlo todo, ha sido para mí como quitarse una gran roca de encima que no me dejaba pensar, razonar y, lo peor de todo, me desanimaba enormemente. Sin embargo, el ir comprobando que poco a poco íbamos labrando nuestro camino me ha dado fuerzas y motivación para llegar hasta el final. Después de esto (que no es poco), la implementación de la propuesta sólo significaba poder disfrutar del trabajo que me gusta.

No obstante he de decir que, en ocasiones, tenía cierto temor a que los niños me preguntasen algo y no les supiera responder; afortunadamente no ha sido así. Por ende, realizar la propuesta sola, sin mis compañeros, también me provocaba cierta inseguridad.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

Principalmente, el manejo de la clase fue mucho más fácil en la universidad, aunque las caras de asombro de los niños en el colegio no tenían comparación alguna, además de que tenía muchos más medios en el centro escolar.

Afortunadamente no he tenido que adaptar la propuesta didáctica para poder implementarla en el colegio puesto que las edades coincidían; de no haber sido así, imagino que habría notado un desfase entre propuesta y propuesta.

Por otro lado, nuestros compañeros y profesoras nos equiparon con una buena mochila de consejos y aportaciones para mejorar nuestra propuesta, lo cual ha sido muy útil de cara a su implementación en el centro escolar.

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí

No

¿Por qué?

La realización de la propuesta primeramente en la universidad me permitió cerciorarme de que las actividades y su descripción, así como el desarrollo de la sesión, estaban bien planteadas: antes de realizar alguna actividad con los niños, tendré que comprobar primero si un adulto la comprende. Esto parece obvio, pero en muchas ocasiones trae problemas.

De las reflexiones realizadas por Lucía se aprecia, por ejemplo, en las preguntas 9 y 11, como destaca el hecho de haber aprendido a planificar una secuencia de aprendizaje y *“guiar adecuadamente el proceso de aprendizaje de los niños”* por medio del planteamiento de preguntas clave y teniendo en cuenta sus necesidades e intereses, es decir, el contexto, que como bien sabemos es una base primordial para poder trabajar el modelo de indagación. Así mismo destaca la importancia de conocer el contenido antes de planificar cualquier secuencia y aclara que antes no había hecho algo así.

Sin embargo, también se evidencia ambigüedad en sus reflexiones, por ejemplo, en la primera frase afirma *“ampliar mi campo de visión para tener en cuenta un número considerable de variables”*. Al preguntar a la estudiante qué quería decir con ello, explica: *“mmm...quiero decir, tener en cuenta aspectos que antes, por desconocimiento, no sabía que deberían tenerse en cuenta... ¿sabes lo que te quiero decir? ...vamos a ver, ahora sé que, para planificar una secuencia, necesariamente necesito saber qué ideas previas se tienen de esos conceptos, tener unos objetivos claros, controlar el tema ¿sabes? Y todas esas otras variables que...sinceramente no había pensado en ellas.”*

En la pregunta 11 reconoce la dificultad y compromiso que requiere la secuenciación de contenidos científicos basándose en el modelo de aprendizaje como indagación y en la pregunta 10 podemos observar que Lucía reconoce perfectamente los límites de su secuencia y, explica con claridad los mismos. Aspectos que son interesantes resaltar porque muestran como la estudiante universitaria después del proceso de formación recibido ha logrado hacer un verdadero análisis metacognitivo sobre su propio aprendizaje y el proyecto realizado. En cuanto a la implementación a sus compañeros de clase, previa a la implementación en las escuelas, igual que como nosotros planteábamos en nuestro marco metodológico, ha resaltado las contribuciones de la misma, dado que le permitió comprobar la funcionalidad y relevancia de las actividades diseñadas, así como corregir fallos importantes que en una etapa previa de planificación y diseño es poco probable detectar sin estas simulaciones de clase.

4.5.2 El caso de Ana

Según el cuestionario de C-4 (ver tabla 3), su valoración numérica es de 2,51 sobre 3, lo que nos indica un dominio adecuado del modelo. Es decir, para esta maestra en formación notamos que, parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas de manera que la participación de los alumnos fuese activa, permitiendo que expresaran sus ideas y dudas. Aunque, igual que ocurre con Lucía, al existir la preocupación interna de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada, el tiempo de discusión de las actividades en los pequeños equipos fue insuficiente, si bien aumentó la participación individual.

Tabla 3: Cuestionario C-4 de Ana. Para valorar el uso del modelo de indagación.

Equipo N°: 1		Integrantes: Ana							
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS			1	2	3		
GESTIÓN DE LA CLASE	M E T O D O L O G Í A	<u>Actividades de inicio:</u>							
		Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).							1
		<u>Actividades de desarrollo:</u>							
		Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.						1	
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.							1
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.						1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.							1
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.						1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.					1		
		El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.							1
E V A L U A C I O N	<u>Realiza una valoración inicial que permite:</u>								
	Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.					1			
	<u>Realiza actividades de evaluación que permiten:</u>								
	Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.						1		
CLIMA DE AULA	Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.							1	
	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).							1	
	Motiva a sus estudiantes para que participen.							1	
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.							1	
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.							1	
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.							1	
ARGUMENTACIÓN	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.							1	
	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.							1	
MANEJO DE LA VOZ	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.						1		
	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).							1	
LA POSTURA ESPACIAL	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.							1	
	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.							1	
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad							1	
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda							1	
	Evita estar estático con las manos en los bolsillos							1	
Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.							1		
Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.							1		
27 afirmaciones. Escala 1-3: 68/27=2,51					2	18	48		

Como también mencionábamos anteriormente, dada la falta de experiencia de nuestros estudiantes respecto al conocimiento e implementación de metodologías de auto y

coevaluación, los niños(as) de su equipo tampoco hicieron actividades de este tipo (excepto por las fichas de las que ya hablamos en el apartado 4.3). Sin embargo, Ana al final de las actividades sí que se preocupaba mucho por recapitular y por permitir que alguno de los niños(as) de sus equipos hiciera un resumen de lo aprendido para exponerlo a sus demás compañeros, de modo que, en caso de dudas, se aclaraban en ese momento.

Según el cuestionario final (C-6) en el que se recogen datos sobre la apropiación del modelo y reflexiones escritas en torno al proyecto trabajado durante el cuatrimestre, para Ana, se tienen los siguientes resultados:

4.5.2.1 Respecto al conocimiento de la disciplina

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8; así como también el cuestionario C-2 (análisis metacognitivo, detallado en el apartado 3.4.2.2). Las respuestas de Ana son:

1. Explica 3 contenidos básicos que se logran abordar en la secuencia de aprendizaje diseñada por tu equipo.

La primera noción que se logra comprender con mi propuesta, es que el sonido es producido por la vibración de la materia, es decir el sonido se produce porque un cuerpo vibra.

En segundo lugar, comprendemos que el sonido en el vacío no se propaga. Así como la idea de que el sonido se propaga por el aire.

Otra de las nociones, es que el sonido se propaga por los sólidos, y también por el agua. Es decir, hemos aprendido los medios de propagación por los que el sonido se propaga.

Finalmente, con la propuesta, los niños y niñas, pueden comprender la importancia de usar bien el sonido, y los problemas que conlleva la contaminación acústica.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

- A. observación B. hipótesis C. generalización D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Se trata de una hipótesis, las razones que me llevaron a pensar que se trata de una hipótesis son las siguientes:
- porque el lenguaje empleado en la redacción de la frase refleja que se está hablando de un hecho probable pero no de un hecho comprobado ni observado; es por ello por lo que no podemos decir que se trate de una observación, generalización o una conclusión.

- porque en el enunciado no se habla de que Fleming haya realizado ninguna actividad de validación que pueda dar lugar a que la fase exprese una conclusión.
- porque de la simple observación no puede inferirse que el hongo este liberando una sustancia que mate a las bacterias.

7. Lee la siguiente afirmación: "El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse". Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta.

una visión positivista de la ciencia porque identifican el trabajo científico con el método científico. Tras haber realizado este curso de Didáctica de las Ciencias, hemos aprendido que existen otros métodos de validación del conocimiento científico, es el caso de los modelos lógico-matemáticos. Estos modelos los podemos encontrar en los estudios sobre Cambio Climático, cuando nos hablan de Escenarios Futuros de Temperatura.

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta.

Creo que se trata de una actividad realizada bajo el modelo ~~por descubrimiento~~ de resolución de problemas porque se han planteado una serie de preguntas para que el alumnado adquiera unos conocimientos adecuados y no unos conocimientos dispersos como ~~ocurre~~ ^{puede ocurrir} en el caso del modelo por descubrimiento.

¿Qué visión o visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades?, ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

El planteamiento de experimentos en un laboratorio tiene el peligro de que se asocie la actividad científica con una actividad aislada, dando, así, una visión descontextualizada de la ciencia. Por otro lado, el hecho de trabajar a partir de experimentos puede dar lugar a que la actividad científica se confunda con un ^{simple} proceso de observación y experimentación, ofreciendo de esta manera una visión empírico-inductiva de la ciencia.

Según podemos ver en su respuesta a la pregunta 1, se evidencia que tiene claridad respecto a los contenidos científicos trabajados en su propuesta, no obstante, igual que pasa con las ideas explicadas por Lucía, el nivel de complejidad utilizado en sus explicaciones es básico: "el sonido se produce por la vibración de la materia" "el sonido en el vacío no se propaga", no utiliza en ningún momento la referencia a la vibración de las partículas y la transferencia de dicha vibración de unas a otras para explicar la

propagación del sonido en un medio material y por tanto, la ausencia del mismo en el vacío.

Respecto a las preguntas 6, 7 y 8, la estudiante demuestra ahora mucha más fluidez y profundidad al argumentar sus ideas respecto a NdC, en comparación con el inicio de curso y los argumentos que ofrecía en el cuestionario C-1. En la pregunta 6, por ejemplo, explica su idea de hipótesis con base en unos criterios que establece y le permiten justificar dicha idea. En la pregunta 8, que intenta que los estudiantes analicen una actividad práctica y argumenten a qué modelo de enseñanza-aprendizaje pertenece, así como también, justifiquen qué posibles visiones deformadas de la actividad científica se pueden transmitir con ésta.

Pese a que Ana se equivoca al argumentar que la actividad pertenece al modelo de resolución de problemas, lo que muestra que aún presenta problemas para identificar cómo es la metodología por indagación y el tipo de actividades que deberían utilizarse, sí que explica coherentemente cómo se pueden transmitir ciertas visiones deformadas de la actividad científica cuando se realiza una mala interpretación de las actividades prácticas y se utilizan tipo "recetas de cocina". Por otra parte, producto del análisis metacognitivo (Cuestionario C-2), respecto a sus propias visiones deformadas de la actividad científica, Ana analiza sus propias visiones llegando a las siguientes conclusiones:

Visiones distorsionadas de ciencia por omisión.	por qué?
1. Visión descontextualizada.	Supongo que es porque siempre nos han dado la imagen de que el científico está siempre en el laboratorio.
2. Concepción empírico-inductiva y aleatoria.	Creemos que el trabajo científico se reduce a observar que ocurre con los experimentos, y que no influyen más campos.
3. Visión rígida, inflexible... Por acción	Siempre hemos creído que es algo inflexible, y nada flexible Por qué
1. Descontextualizada y rígida.	He creído que la tecnología es una aplicación de la ciencia. Los tecnólogos también contribuyen a la comprensión teórica de los fenómenos.
Logré identificar adecuadamente	por qué?
1. Concepción individualista y elitista.	Porque creo que es un trabajo que se realiza en grupo, y que no solo los "super" genios pueden hacer ciencia.

En el análisis que realiza Ana, se aprecia claramente las coincidencias con los análisis mostrados por nosotros en los apartados anteriores. Nótese como identifica la presencia de una visión descontextualizada dado que *“siempre nos han dado la imagen...”* de la actividad científica realizada sólo en laboratorios y, la presencia de la visión empiro-inductivista dado que se prima la observación como único aspecto importante en las investigaciones, sin tener en cuenta la necesidad de hipótesis basadas en un campo teórico y la planificación de un diseño experimental que permita cuestionar dicha hipótesis.

Así mismo, la presencia de una visión rígida, infalible porque *“siempre hemos creído que no es flexible”*, es decir, se le ha mostrado la ciencia como verídica y exacta. Visiones distorsionadas que se han investigado ampliamente y que se alejan notoriamente de la forma como se construyen y evolucionan los conocimientos científicos (Fernández et al., 2002). Como bien defendemos, si se quiere cambiar lo que los profesores hacen en las clases de ciencias, es preciso previamente realizar un autoanálisis de la epistemología de los profesores (Briscoe, 1991; Bell y Pearson, 1992; Lederman et al., 1994; Furió, 1995; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Abell, 2007; Abd-El-Khalick, 2013).

Así mismo, es interesante ver como menciona que tiene una visión descontextualizada de la ciencia dado que pensaba que *“...la tecnología es una aplicación de la ciencia...”* de este equipo, Ana es la única que reflexiona en torno a esta cuestión de forma escrita. Como se ha mencionado en un estudio (Cajas, 2001) es una idea fuertemente arraigada en la mayoría de estudiantes, en todos los niveles educativos, ya que durante la etapa escolar se reflexiona muy poco en torno a la naturaleza de la ciencia y la tecnología, así como su relación y, cuando se trabaja no necesariamente dicha asignatura tienen como objetivo comprender ciertas características del proceder tecnológico o la naturaleza del diseño tecnológico (análisis de las restricciones que deben tenerse en cuenta para construir un artefacto, el proceso de adaptación a dichas restricciones que implica dialogar y tomar decisiones en un proyecto, por ejemplo).

Más bien, se dedican a tratar de forma tradicional conceptos y hacer cálculos sobre máquinas y mecanismos (palancas, engranajes, etc.), propiedades de los materiales, circunferencias, medidas de ángulos, dibujar una pieza a partir de sus vistas, circuitos, ley de ohm, etc., como se puede apreciar en los libros de texto de Tecnología tanto en ESO como Bachillerato. Incluso en los primeros niveles de ESO uno de los temas siempre es *“El método del proyecto en las tecnologías”* donde se explican paso a paso el proceder, como se realiza con el *“método científico”* lo que de nuevo nos lleva a introducción de la visión rígida y algorítmica de la actividad científica basada en pasos a seguir a modo de receta de cocina.

4.5.2.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14 (De nuevo recordamos que unas veces dichas preguntas se han rellenado en formato electrónico, directamente en el aula de informática y otras preguntas se han rellenado a mano). Las respuestas de Ana son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

- **Conocer** la relación del sonido con la vibración de los cuerpos.
- Establecer una relación entre el sonido y sus medios de propagación (aire, agua, solido).
- Relacionar la ausencia de sonido con el vacío.
- Valorar el sonido y hacer un buen uso de este.

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

En nuestra propuesta, incluimos el aprendizaje por indagación, ya que, tras plantear el problema, en cada mesa estaban los materiales necesarios para corroborar o rechazar las hipótesis. En primer lugar y tras plantear el problema, los estudiantes debían de realizar unas hipótesis, para después mediante la experimentación comprobarlas. Por tanto, las características utilizadas, fueron la realización de hipótesis basándonos en los conocimientos previos que puedan tener, la experimentación con sus propias manos, el trabajo en grupos y participación de los niños y niñas, de sus ideas.

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta

En primer lugar, utilizamos una situación diferente, en que usamos una serie de materiales para experimentar y llevar a cabo nuestra propuesta. El aprendizaje que se propone en nuestra propuesta, es un aprendizaje activo, en el que el profesor deja de ser el transmisor de la información, para pasar el estudiante a obtener el conocimiento por el mismo, siempre con la ayuda del profesor. El estudiante está activo en su aprendizaje, opina, experimenta, crea hipótesis, etc. Por eso es un aprendizaje en el que abordamos pequeñas preguntas, que el niño deberá de resolver. Para todo ello, utilizamos el juego de rol y simulación, mediante el cual recreamos en el aula otro planeta, y cada uno desempeña un papel dentro de la historia. Finalmente se produce una retroalimentación, ya que los niños ponen en común los conocimientos, adecuadamente fundamentados, que hemos trabajado en la clase. Para todo ellos también nos valemos de lo escrito, en una ficha deben de responder a unas preguntas, que nos permiten ver los conocimientos que están claros.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Puedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos.

Una de las ideas previas que se suele tener en torno a este tema, es que el sólido y el agua pueden actuar de aislantes. También existe la creencia de que el aire es el mejor conductor del sonido, que más tarde comprobamos que no es así. Otra que es frecuente, es creer que sonido y ruido es lo mismo.

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí X

No

¿Por qué?

Sí lograron aprender con nuestra clase, porque es algo de lo que te das cuenta mientras ellos están realizando sus hipótesis o respondiendo a las preguntas que les formulas, además de poder verlo en la ficha de preguntas y después en clase cuando fui a despedirme y les hice una serie de preguntas, e incluso algunos me contaron qué habíamos hecho o que les había parecido más interesante. Además de observar durante la implementación como estaba realmente receptivos, atentos y participativos.

De sus respuestas a la pregunta 2, se puede ver que Ana aún presenta problemas para redactar de forma asertiva objetivos de aprendizaje. Nótese que, en el primero de los objetivos planteados, menciona el verbo *conocer*, verbo bastante ambiguo, que en verdad no indica claridad respecto a lo que se quiere lograr, igualmente pasa con los otros objetivos que plantea, son ambiguos y falta claridad al formularlos. Aspecto que como hemos mencionado en apartados anteriores, es de gran relevancia, ya que la claridad en los objetivos de aprendizaje establecidos inicialmente, permitirá al maestro(a) realizar una secuencia de actividades coherente y que posibilite buenos resultados.

De las respuestas a las preguntas 3 y 4, se puede apreciar que reconoce los aspectos importantes del modelo, por ejemplo, la importancia de partir de las ideas previas de los niños y niñas y de pequeñas preguntas que los niños *“deberán resolver”* permitiendo que expresen sus ideas a modo de hipótesis y realizando actividades donde se les permita *“corroborar o rechazar”* las mismas. Igualmente, Ana menciona la relevancia de la retroalimentación, aunque lo señala al final de todas las actividades y, como bien sabemos es un proceso que debería estar presente durante toda la secuencia. Pero, como explicábamos en el caso de Lucia, nuestros estudiantes de magisterio aún no han tenido la oportunidad de trabajar en sus clases respecto a metodologías de evaluación. Menciona también que, con base en el trabajo realizado, se hace necesario que el maestro(a) tenga un papel diferente al de simple *“transmisor de información”* y pase a convertirse en una ayuda para que los niños(as) puedan llegar a desarrollar sus propias ideas y conocimientos.

Esto es interesante, ya que nos deja ver cómo los propios estudiantes de magisterio notan la necesidad de cambiar esas visiones tradicionales de enseñanza para permitir que el aprendizaje de los niños y niñas ocurra realmente. Como se menciona en varios estudios e informes educativos (Abell y Roth, 1992; Harlen, 1997; Appleton, 2003; OCDE, 2006a) los maestros(as) prefieren la metodología tradicional centrada en gran medida en el discurso rígido del maestro y el libro de texto (*chalk and talk*) con la que se sienten más cómodos, evitando así nuevas metodologías que les exigen una comprensión de la ciencia más integrada y profunda.

Ello ocurre porque la mayoría de las veces durante su formación, no han tenido la oportunidad de integrar el conocimiento del contenido disciplinar con efectivas formas de enseñanza de las ciencias (Haefner y Zembal-Saul, 2004; Rice, 2005), es decir, la formación docente parece “*desligar completamente enseñanza e investigación*” (Gil y Vilches, 2008). Así entonces, el hecho de que Ana, después del proyecto realizado, plantee en sus reflexiones la cuestión de superar la enseñanza basada en la transmisión de información, muestra lo conveniente que es permitirles a los maestros(as) en formación analizar sus propias concepciones y brindar espacios en los que aprendan sobre los contenidos científicos, pero también sobre cómo enseñarlos. Ya que es esto lo que permite que puedan reflexionar sobre su propio aprendizaje y futura enseñanza y cómo mejorar la misma.

4.5.2.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Se valora teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de Ana son:

9. **¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.**

Antes no sabía:	Ahora se:
Que el sonido se propagaba más rápido por el sólido que por el aire.	Que el sonido se propaga más rápido por el sólido que por el aire.
Que crear un ambiente distinto en el aula pudiera influir muy positivamente en el comportamiento de los estudiantes, y en su predisposición a aprender.	Que transformar la clase, y que deje de ser el lugar frío, dónde simplemente se transmite información, crea un ambiente positivo y participativo en clase, en que los niños y niñas están más abiertos a aprender.
Que dejar a los niños indagar y realizar hipótesis, simplemente con una pequeña guía, permitiera que ellos mismos, sin más ayuda, pudieran llegar a entender ciertos conocimientos.	Que dejar a los niños indagar, experimentar, pensar, hablar en clase, realizar hipótesis, animándolos a que participen, etc. Dan como resultado que el estudiante llegue al conocimiento de lo que queremos transmitir. Es decir, que ellos mismos pueden llegar a integrar los conocimientos.
Que hacer una clase de este tipo pudiera ser tan gratificante tanto para el maestro como para el estudiante, a pesar de ser algo costoso. Además de conseguir que los conceptos queden completamente integrados y mejor entendidos que en otras ocasiones.	Que realizar una clase innovadora es muy gratificante para el maestro, y por supuesto para el alumno, que además de pasarlo bien, aprende, y de un modo más significativo.

10. **¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?**

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta)
Aporta una mayor atención de los estudiantes en clase.	No se logró enseñar que el sonido son ondas y que hay distintos tipos, transversales y longitudinales, pero creímos que era demasiado para la edad, y que podría ser tratado más adelante, además de que el sonido puede ser agudo o grave, y demás conceptos.
Un aprendizaje más significativo sobre que es el sonido y los medios por los que se propaga, es decir, llegan a entenderlo perfectamente, sin la necesidad de memorizar nada.	
La adquisición de conocimientos adecuadamente fundamentados y útiles para la vida real.	
Que los estudiantes aprendan a indagar, experimentar, comprobar por ellos mismos, y pierdan ese miedo que se tiene a realizar hipótesis, hablar en clase, opinar, imaginar y ser creativos, que es completamente necesario, y que en nuestra propuesta fue fundamental para que ellos llegarán al conocimiento.	

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

Sinceramente no he encontrado dificultades, desde el primer momento, elegimos el tema porque nos gustaba a todos, y ha sido un placer trabajar sobre el sonido como amantes de la música que somos. Además, hemos trabajado conceptos que eran fáciles para nosotros y no quisimos sobre cargar a los estudiantes, porque preferíamos que aprendieran ciertos conceptos BIEN, que no muchos a medias. Nos ha parecido un tema interesante, y como única dificultad, y hablando por mí, ha sido ponerme delante de tantas personas y de tantos niños, algo que al final ha sido muy gratificante y de lo que hemos aprendido mucho.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

La gran diferencia, es que, en la Universidad, tratábamos con gente adulta que obviamente si se le pide, va a guardar silencio. En cambio, en el colegio es un poco más difícil, ya que los estudiantes de primaria, están más dispersos y además era una clase "difícil", a pesar de ellos, se comportaron bastante bien, y este cambio de tipo de clase, consiguió que estuvieran más motivados, más participativos y con un comportamiento más adecuado. Realmente, pensaba que les iba a costar llegar al conocimiento mucho más que a mis compañeros de clase, pero me sorprendí gratamente, cuando esto no fue así. En seguida realizaron hipótesis muy coherentes y supieron explicar a la perfección, porque ocurría "esto" o lo "otro". Es obvio, que les tuvimos que guiar más que a los compañeros y estar más encima, pero no se notó una gran diferencia. Sinceramente, la gran diferencia fue la gratificación que sentimos al finalizar nuestra propuesta en el colegio, porque ves realmente lo que conlleva realizar una clase de este tipo con los estudiantes de primaria, como influye en su comportamiento, en su predisposición, y cómo son capaces de hacer algo que la mayoría de maestros creen que no es posible porque son "pequeños", que ellos lleguen a obtener el conocimiento por ellos mismo.

Ver como esto ocurría fue muy bonito, además de ver como se rompen ciertos tópicos que no tienen fundamento, y como los estudiantes salían contentos y motivados tras haber aprendido unos conocimientos, que posiblemente en otro contexto no habrían aprendido, sino memorizado, y quizá les hubieran parecido hasta aburridos.

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

¿Por qué?

Creo que fue muy útil, ya que fue una manera de prepararnos, y poder comprobar que dudas surgen, que fallos existen, y así corregirlos para realizar la propuesta en el colegio, que al fin y al cabo es para lo que está creada. Además, nos hizo coger tablas en el tema y nos preparó para enfrentarnos a 22 alumnos.

De las reflexiones de Ana, se aprecia por ejemplo en la pregunta 9, como destaca el hecho de que, *pese a que cuesta*, realizar una planificación basada en el modelo de aprendizaje como indagación, en definitiva, *los conceptos quedan más integrados y mejor entendidos*, además de que *puede influir positivamente en el comportamiento de los estudiantes y, en su predisposición para aprender*. Como se puede ver, la estudiante argumenta que antes no sabía que esto podía ser así y, gracias al proyecto en el que participó entiende la importancia de dejar que las niñas y niños indaguen, realicen hipótesis, experimenten, y

participen activamente para que así puedan ellos mismos desarrollar ideas y conocimientos y estén *más abiertos a aprender*.

Aspectos de gran relevancia para lograr la alfabetización científica y tecnológica. Aparte de estos aspectos, también recalca la importancia de conocer el contenido a enseñar, ella misma afirma en el primer cuadro de la pregunta 9, como superó algunas ideas previas que tenía respecto a la velocidad de propagación del sonido en diferentes medios, además de esto, en sus respuestas a la pregunta 10 muestra claridad conceptual sobre qué contenidos se lograron abarcar con la secuencia realizada por el equipo y, qué contenidos se han dejado para más adelante.

De las respuestas a las preguntas 11 y 12, se aprecia como la estudiante recalca la necesidad de trabajar con pocos contenidos científicos base y no con una gran cantidad de conceptos dispersos que los niños(as) no puedan relacionar con su contexto, cuestión que se plantea como de gran relevancia en varias investigaciones desde hace años (Valverde y Schmidt, 2000; Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012). Otro aspecto que resalta Ana, es el no subestimar la capacidad que pueden tener los niños y niñas para realizar actividades donde se les solicita realizar hipótesis, experimentos y concluir partiendo de pequeñas preguntas, ya que como la estudiante afirma *“son capaces de hacer algo que la mayoría de maestros creen que no es posible porque son pequeños”*.

Cuestión que también se ha mostrado en estudios como los de Metz (1995, 1997, 2004, 2008, 2011) en donde se plantea la necesidad de superar estereotipos sobre las capacidades de las niñas y niños ya que pueden, sin problema alguno, involucrarse en actividades para desarrollar la competencia científica cuando el contexto de enseñanza-aprendizaje es apropiado. Así mismo, Ana comenta que este tipo de actividades (suponemos que se refiere a la secuencia basada en el modelo de aprendizaje como indagación) *“influye en su comportamiento, en su predisposición para aprender”*.

Dado que ha comprobado cómo los niños y niñas de la escuela, que en las clases normales suelen tener un comportamiento “difícil” lograron estar *menos dispersos, más motivados, más participativos* (Ana reconoce este comportamiento de primera mano y consideramos relevante estas argumentaciones, porque la escuela donde se realizó la implementación de la secuencia, es la escuela en donde ella realizaba las prácticas. Con lo que Ana conocía a los niños y niñas bastante bien). Todos estos puntos de reflexión que expresa Ana, son interesantes resaltar porque muestran como la estudiante después del proceso de formación recibido ha logrado hacer un verdadero análisis metacognitivo sobre su propio aprendizaje y el proyecto realizado.

4.5.3 El caso de Paula

Según la matriz C-4 (ver tabla 4), su valoración numérica es de 1,96 sobre 3, lo que nos indica un dominio aceptable del modelo. Es decir, para esta maestra en formación notamos que, parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas de manera que la participación de los alumnos fuese activa, permitiendo que expresaran sus ideas y dudas. Aunque, igual que ocurre con sus compañeras, al existir la preocupación interna de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión por pequeños equipos durante las actividades no se generó, su participación individual sí, pero a nivel grupal no. En Paula, esta preocupación además le lleva a que, en algunas actividades, no recapitula adecuadamente y algunos niños(as) con los que trabajaba, se perdían o no les quedaba claro del todo el contenido que se estaba trabajando.

Tabla 4: Cuestionario C-4 de Paula. Para valorar el uso del modelo de indagación

Equipo N°: 1		Integrantes: Paula					
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS			1	2	3
GESTIÓN DE LA CLASE	M E T O D O L O G Í A	<u>Actividades de inicio:</u>					
		Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).					1
		<u>Actividades de desarrollo:</u>					
		Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.					1
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.					1
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.			1		
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.				1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.	1				
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.	1				
		El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.	1				
	E V A L U A C I O N	<u>Realiza una valoración inicial que permite:</u>					
		Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.			1		
		<u>Realiza actividades de evaluación que permiten:</u>					
		Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.	1				
	Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.	1					
CLIMA DE AULA	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).					1	
	Motiva a sus estudiantes para que participen.					1	
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.					1	
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.					1	
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.					1	
	Creación de un ambiente de cordialidad y de respeto.					1	
ARGUMENTACION	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.					1	
	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.					1	
MANEJO DE LA VOZ	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).					1	
	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.					1	
LA POSTURA ESPACIAL	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.	1					
	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad					1	
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda					1	
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Evita estar estático con las manos en los bolsillos					1	
	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.					1	
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.					1	
27 afirmaciones. Escala 1-3: 53/27=1,96					7	28	18

Según el cuestionario final (C-6) en el que se recogen datos sobre la apropiación del modelo y reflexiones escritas en torno al proyecto trabajado durante el cuatrimestre, para Paula, se tienen los siguientes resultados:

4.5.3.1 Respeto al conocimiento de la disciplina

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8; así como también el cuestionario C-2 (cuestionario en que se pide a cada uno de los estudiantes que realice un análisis de sus propias visiones deformadas de la actividad científica, una vez han realizado lecturas y seminarios respecto a dichas visiones). Mismas indicaciones que en apartados anteriores sobre cuestionarios rellenados a mano y en el ordenador. Las respuestas de Paula son:

1. Describe las nociones básicas que se podrían llegar a comprender con tu propuesta de aprendizaje.

En nuestra propuesta didáctica se trabajan tres nociones básicas de sonido y fenómenos acústicos. En primer lugar, la relación existente entre vibración y sonido para, más tarde, ser conscientes de que el sonido necesita un medio para propagarse (sólido, líquido o aire) y que éste no se propagará en el vacío. Por último, consideramos importante que nuestros alumnos/as sepan diferenciar el ruido del sonido, haciendo un uso responsable de éste.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

A. observación B. hipótesis C. generalización D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Tras observar que ~~al~~ las bacterias no crecían alrededor del del hongo contaminante Fleming se cuestiona si el moho está produciendo una sustancia que mata a los bacterias.

La frase pese a estar en afirmativa podría sustituirse por una frase interrogativa que mantendría su significado.

El verbo "puede" indica probabilidad.

La hipótesis es una pregunta que se emplea como punto de partida de las investigaciones.

7. Lee la siguiente afirmación: "El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse". Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta.

A lo largo de la historia de la humanidad el hombre siempre ha tratado de conocer mejor su entorno, el planeta en el que vive y el universo. Fruto de dicha curiosidad a lo largo de los años se han ido sucediendo teorías y modelos que han tratado de explicar el universo. Los científicos no pueden experimentar con todos aquellos fenómenos que pretenden comprender y por tanto, las observaciones y teorías anteriores sirven para avanzar en la construcción de modelos más aproximados sin la realización de experimentos.

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

3.1. ¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta.

Esta es una actividad propia del aprendizaje por descubrimiento. Pese a tratarse de una actividad dirigida el docente no presenta previamente ningún conocimiento específico que permita al estudiante llegar a una conclusión concreta. Se da por supuesto que con este experimento el estudiante comprenderá el fenómeno de la oxidación pero puede llegar a conclusiones erróneas que no le sirvan para su conclusión final.

3.2. ¿Qué visión o visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades?, ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

Se transmite una visión de la ciencia como una actividad en la que siguiendo una serie de pasos se llega a una serie de conclusiones que son válidas. Esta es una visión rígida que no cuestiona la importancia de los conocimientos adquiridos.

También se transmite el esquemado que la ~~usa~~ simple observación o conservación de experimentos es el único método empleado por los científicos para explicar cualquier fenómeno.

Por otro lado, se proporciona una visión atórica puesto que no se requiere ningún conocimiento previo de tipo teórico.

Según podemos apreciar en su respuesta a la pregunta 1, se evidencia que tiene claridad respecto a los contenidos científicos trabajados en su propuesta, no obstante, igual que pasa con las ideas explicadas por sus compañeras, el nivel de complejidad utilizado en sus explicaciones es muy básico: “el sonido necesita un medio para propagarse (sólido, líquido o aire) y que éste no se propagará en el vacío.”, no utiliza en ningún momento la referencia a la vibración de las partículas y la transferencia de dicha vibración de unas a otras para explicar la propagación del sonido en un medio material y por tanto, la usencia del mismo en el vacío.

Aclarar aquí, que podría parecer por la primera idea que expresa: “la relación existente entre vibración y sonido” no deja ver si en verdad tiene claro o no cuál es la relación, sin embargo, en la pregunta 2 del cuestionario, donde se pide plantear algunos objetivos de aprendizaje, sí que se evidencia que entiende dicha relación ya que afirma: “...que el sonido se produce por un movimiento vibratorio”. Con lo que podemos afirmar que Paula tiene claridad sobre los contenidos trabajados en su secuencia.

Respecto a las preguntas 6, 7 y 8, la estudiante demuestra ahora mucha más fluidez y profundidad al argumentar sus ideas respecto a NdC, en comparación con el inicio de

curso y los argumentos que ofrecía en el cuestionario 1. Sin embargo, confunde hipótesis con problema de investigación, ya que afirma que la hipótesis *es una pregunta que se emplea como punto de partida en las investigaciones*. La hipótesis no suele ser la pregunta inicial de una investigación como indica Paula sino la solución a base de ideas de un problema planteado y, por tanto, lo habitual es que el punto de partida de una investigación sea haber propuesto un ‘buen’ problema. No obstante, también hay que saber que cualquier hipótesis puede enunciarse no solo en forma declarativa sino también en forma interrogativa.

En la pregunta 7, argumenta que no necesariamente el conocimiento científico necesita la experimentación para desarrollarse dado que *“los científicos no pueden experimentar con todos aquellos fenómenos que pretenden comprender”* y justifica ello afirmando que gracias a observaciones y teorías anteriores se van creando modelos que sirven para validar los conocimientos, con lo que Paula evidencia la necesidad de tener en cuenta las teorías y conocimientos ya existentes en la actividad científica.

En la pregunta 8, nótese como argumenta con claridad como la actividad mostrada pertenece al aprendizaje como descubrimiento ya que *“no se presenta previamente ningún conocimiento específico que permita al estudiante llegar a una conclusión concreta”* y *“se da por supuesto que con este experimento el estudiante comprenderá el fenómeno de oxidación sin más”* características que, como bien sabemos, pertenecen a este modelo educativo. En el apartado 8.2 se evidencia su claridad respecto a algunas visiones deformadas de la actividad científica y cómo se pueden transmitir con las actividades que realizamos en el aula. Con lo que Paula, reconoce el problema de la transmisión de las visiones empiro-inductivista, rígida y atórica en el uso de actividades para enseñar ciencias.

Por otra parte, producto del análisis metacognitivo (Cuestionario C-2), respecto a sus propias visiones deformadas de la actividad científica, Paula analiza sus propias visiones llegando a las siguientes conclusiones:

Visión por omisión	¿Por qué?
1. Rígida e infalible	1. Porque no me planteo que la ciencia puede tener resultados “modificables”. Tenía tan asumido que los conocimientos científicos son verídicos que no pensé que eso fuera una visión distorsionada.
2. Aproblemática y descontextualizada	2. Olvidé esta visión distorsionada porque no relacioné la ciencia con el mundo real, ni con los problemas reales.
3. Empiro-inductivista	3. Tengo una visión de científico que “descubre” y no de grupos de científicos que estudian, generan hipótesis...

Logré identificar

- | | |
|--|---|
| 1. Observé que se representaba únicamente por el género masculino. | 1. La visión general es que los hombres están más preparados para la ciencia y la tecnología. |
| 2. Se relaciona con una determinada edad | 2. Porque se relaciona la edad avanzada con mayor conocimiento. |

En el análisis que Paula realiza, vemos como identifica su visión rígida e infalible dado que asumía que los conocimientos científicos son *verdades absolutas*, así mismo identifica una visión aporética y descontextualizada, dado que entendía la ciencia como un producto aislado de la realidad y los problemas que se presentan. Finalmente es interesante también apuntar como identifica su visión empiro-inductivista de la ciencia dado que asume, como la mayoría de personas, que los conocimientos científicos se producen en un determinado instante de genialidad donde se *descubre*, sin más, alguna explicación a un fenómeno. Ella misma aclara que ahora entiende que el conocimiento no se produce así porque sí, sino es producto de la interacción constante entre grupos de investigación, revisión de conocimientos anteriores, formular una hipótesis para luego cuestionarla.

4.5.3.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14. Las respuestas de Paula son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

- Comprender que el sonido se produce por un movimiento vibratorio.
- Establecer la relación entre la propagación del sonido y el medio (sólido, líquido o aire).
- Proponer hipótesis y posibles soluciones a los problemas planteados.
- Relacionar el vacío con la ausencia del sonido.

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

Realización de una secuencia de pequeñas preguntas que inciten a la realización de hipótesis, para su posterior comprobación por medio de diferentes actividades. Se trata de un aprendizaje guiado donde el maestro promueve la reflexión y participación constante de los niños. También es importante el uso de actividades que tengan relación con el entorno del niño.

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta

En nuestra propuesta utilizamos el juego de rol, puesto que nos trasladamos al planeta "Diapasón" y ambientamos el aula para que las niñas y niños dejaran de ser "alumnos/as". Por otro lado, otorgamos mucha importancia al trabajo por equipos, ya que consideramos que el aprendizaje es más efectivo en grupos reducidos. Además de basarlo todo en la experimentación de los estudiantes, que puedan probar por ellos mismos sus ideas y los conceptos que se están trabajando.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Puedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos.

- El sonido se propaga solo a través del aire.
- El sonido se propaga más rápido en el aire que en el sólido.
- Ruido y sonido significan exactamente lo mismo.
- El sonido se produce a la hora de hablar o al golpear un objeto contra otro, sin vibración.

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí	<input checked="" type="checkbox"/>
----	-------------------------------------

No	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------

¿Por qué?

En primer lugar, porque rellenaron las fichas con las ideas fundamentales y en ellas se veía que realmente habían interiorizado los conceptos. Aunque, lo que realmente, me hizo ver que habían logrado aprender fue la recapitulación de ideas que se hizo al finalizar la sesión. En ella los estudiantes expresaron de manera segura y con sus palabras lo aprendido, y creo que explicar con tus palabras algo indica que realmente lo has interiorizado.

Como puede verse en sus respuestas a la pregunta 2, Paula aún presenta problemas para establecer con claridad objetivos de aprendizaje, dado que, por una parte, los enunciados son un tanto ambiguos, vemos como el uso de verbos como *comprender*, en verdad no indica claridad respecto a lo que se quiere lograr, es un verbo muy general y ambiguo. Por otra parte, ha mezclado objetivos de aprendizaje con objetivos generales de área, el tercer objetivo que plantea es un objetivo general de toda el área de ciencias.

En cuanto a las respuestas a las preguntas 3 y 4, se puede apreciar que la estudiante entiende que el modelo de aprendizaje basado en la indagación parte de una secuencia de pequeñas preguntas o cuestiones que permiten al estudiante expresar sus ideas y cuestionar las mismas por medio de diferentes actividades dentro de las cuales están los experimentos. Así mismo, comprende que el maestro no es un mero observador de lo que las niñas y niños hacen, sino un guía constante que permite la reflexión y fomenta la participación, también concede especial relevancia al trabajo en equipos, según expresa ella: *“ya que consideramos que el aprendizaje es más efectivo en grupos reducidos”*.

Este último aspecto que menciona Paula como relevante y necesario, es muy interesante, dado que durante todo el cuatrimestre el trabajo de diseñar la secuencia de aprendizaje y todo lo trabajado durante el curso, se ha realizado en equipo, por tanto, Paula ha asumido y transferido esa necesidad de trabajar por equipos para avanzar en el aprendizaje. Recordemos que el trabajo en equipo como línea de investigación en didáctica, viene trabajándose desde hace mucho tiempo, no sólo en áreas como ciencias, sino en todas las áreas de conocimiento. Dicho tipo de trabajo en el aula permite conocer y desarrollar toda una serie de habilidades clave sobre la educación para la convivencia y la educación

en valores (que también hace parte de las competencias a desarrollar en los niños y niñas).

Marina y Bernabeu (2007) y Gil (1983) señalan que la empatía, la capacidad para trabajar en equipo, resolver conflictos o problemas, la solidaridad, tolerancia y el respeto por los demás son algunas de las competencias sociales y en valores que se generan a través del trabajo colaborativo. Todo aprendizaje exige confrontación, discusión detenida de las distintas alternativas y a menos que sólo se pretenda hacer repetir a los alumnos tareas ya mostradas (resueltas) por el profesor o el libro de texto, el trabajo en equipo aparece como indispensable (el único factible) según Ausubel (1976). La enseñanza de las ciencias, en la medida en que supone -como la misma investigación- una exploración activa de alternativas, se ve favorecida por la formación de pequeños grupos.

4.5.3.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de Paula son:

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

Antes no sabía:	Ahora se:
Que las ideas previas de las niñas y niños eran tan importantes a la hora de planificar una propuesta.	Estas ideas son importantes para trabajar cualquier tema, incluso nuestras propias ideas previas como maestros, porque tenemos bastantes.
Todo el trabajo que hay detrás de una clase, la documentación previa, la selección, diseño, perfecto conocimiento del tema, actividades con sentido...y que no se debe dejar ningún cabo suelto.	Seleccionar qué es importante a la hora de realizar una propuesta. Que menos es más, es decir, merece la pena trabajar menos conceptos pero profundizar en los que se trabajen.
Que hay otras maneras de "enseñar" y están fundamentadas teóricamente, por lo que son tan útiles (o más) como las clases ordinarias.	Que las niñas y niños desean aprender y, como maestros, debemos saber captar su atención y aprovechar sus ganas.
	Que un docente debe saber seleccionar la información desde un punto de vista crítico y no quedarse en la superficie. Es decir, implicarse de forma activa en su labor.

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta)
Motivación y ganas de aprender, de indagar y comprender el mundo que nos rodea.	Necesidad de un apoyo de las TIC, lo que dificultaría la implementación en colegios sin recursos.
Que las niñas y niños dejen de ver la escuela como un lugar frío en el que se les enseña, para sentir que ellos son los protagonistas de su propio aprendizaje.	Lo relacionado con el órgano que percibe el sonido y las partes de éste.
Demostrar que otro tipo de educación es posible, que se pueden realizar tareas diferentes y los estudiantes saben responder ante ellas.	
Que, realmente, este aprendizaje activo consigue que los estudiantes interioricen los conceptos trabajados, igual o mejor que con las clases ordinarias.	

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

El principal problema fue seleccionar las ideas fundamentales que se iban a trabajar, puesto que es difícil descartar conceptos y entender que es preferible trabajar tres ideas, pero hacerlo en profundidad. Nunca había pensado en esto porque siempre he visto como los maestros se centran en tiempos exactos para poder dar todos los temas del libro y me parecía normal. Otro de los problemas es seleccionar buenas actividades que permitan hacer preguntas y que los niños participen activamente, es decir, al no haber realizado una unidad didáctica pensada en problemas, es duro el proceso, porque tienes que tener claras muchas cosas a la vez: ideas previas, objetivos, actividades, además de saber cómo enfocarlas y cómo guiar a los estudiantes, ya que con nuestra manera de enfocar la propuesta corríamos el riesgo de que los alumnos no entraran en el juego de rol y no consiguiéramos llegar a ellos.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

La primera diferencia vino cuando recogimos a las niñas y niños de clase para realizar el viaje hasta "Diapasón", ellos enseguida asumieron el papel que jugaban, esquivando meteoritos y comentando con ilusión aspectos del viaje. Una vez sentados por equipos, los alumnos/as querían tocarlo todo y por ello, debimos dejar las mesas solo con el material que utilizaríamos en ese momento.

A la hora de establecer hipótesis y posibles soluciones a los problemas que les íbamos planteando no percibí tantas diferencias. Es evidente que mis compañeras/os de la universidad tenían más conocimiento del tema, pero muchas de sus ideas no eran del todo acertadas. Por otro lado, me sorprendió muy gratamente comprobar que los estudiantes de 8 y 9 años fueron capaces de sintetizar mejor las ideas que habíamos estado trabajando, esto me demostró que las niñas y niños tienen ilusión por aprender ciencias, ilusión que vamos perdiendo (o nos van quitando) conforme crecemos.

Por último, a la hora de implementar la propuesta en una escuela real debimos cambiar la película que veíamos (del beso de "quíreme si te atreves" a un concierto de Bob Esponja). También realizamos otra ficha con las mismas preguntas, pero adaptadas a estudiantes de 3º de primaria. Finalmente, cambiamos la actividad de propagación del sonido en el líquido. En la universidad lo demostramos con bolsas de agua y un reloj acuático y en el colegio pusimos un vídeo de unos chicos hablando bajo el agua.

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

¿Por qué?

Considero que realizar la clase en la universidad, estableciendo una relación con la música, sirve como ensayo general. En dicho ensayo es donde observas si realmente la propuesta está bien confeccionada, si los tiempos programados se respetan, y si se cumple con los objetivos establecidos.

De las reflexiones de Paula, se aprecia por ejemplo en las preguntas 9 y 11, como destaca el hecho de que antes del proyecto realizado no sabía que las ideas previas tanto de niñas y niños, como las del propio maestro, son importantes a la hora de enseñar cualquier contenido. Aspecto que, como mencionábamos en el marco teórico, prácticamente es la base inicial para apropiarse del modelo de indagación como aprendizaje, dado que, por una parte, las ideas previas de los niños(as) son ideas o conocimientos - independientemente que desde el punto de vista científico sean correctas o no-, que las niñas y niños usan para explicar el funcionamiento y organización de los fenómenos del mundo que les rodean (Driver, et al., 1989; Vosniadou y Brewer, 1992; Abell y Roth, 1992).

Y, por ello, es importante que sepamos el papel que juegan dichas representaciones mentales para saberlas utilizar convenientemente, puesto que por otro lado este conocimiento intuitivo que provee explicaciones de los fenómenos naturales, tiende a ser resistente al cambio (Osborne y Freyberg, 1991; Limón y Carretero, 2000). Por otro lado, como se ha mencionado en varios trabajos (Briscoe, 1991; Furió 1994; Lederman et al., 1994; Porlan, 1994; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Pozo et al., 2006) cuestionar la epistemología docente espontánea y tenerla en cuenta al momento de trabajar con el futuro maestro(a) es indispensable, ya que los profesores de ciencias también desarrollan sus propias concepciones frente a los contenidos, la enseñanza, la evaluación y el aprendizaje de los diferentes contenidos específicos.

Paula también menciona que, pese a que conlleva un gran trabajo previo la preparación de una secuencia de aprendizaje basada en el modelo de indagación, ahora entiende la relevancia de aprender a seleccionar contenidos relevantes y no trabajar un gran número de conceptos que los niños y niñas no van a *“interiorizar del todo”*. Ella misma plantea en su respuesta a la pregunta 11 como *“...entender que es preferible trabajar tres ideas, pero hacerlo en profundidad. Nunca había pensado en esto porque siempre he visto como los maestros se centran en tiempos exactos para poder dar todos los temas del libro y me parecía normal...”*

Vemos en esta reflexión cómo la estudiante nos plantea el gran reto en la formación del maestro que defendemos en este trabajo de investigación: permitir que las asignaturas de didáctica de las ciencias en los programas de formación de maestros(as) se conviertan en espacios de reflexión, crítica y vivencias sobre qué contenidos enseñar y cómo enseñarlos para que los futuros maestros desarrollen competencias docentes en ciencias que les permitan avanzar en su profesión.

Sin embargo, también se puede apreciar en una parte de la respuesta a la pregunta 11, que sigue presentando confusión en cuanto al papel relevante de plantear las preguntas

antes de seleccionar actividades, es decir, cuando ella afirma: *“otro de los problemas es seleccionar buenas actividades que permitan hacer preguntas y que los niños participen activamente...”* vemos como sigue teniendo una idea empiro-inductivista de la actividad científica y ha de profundizar más en el modelo de indagación, dado que percibe que la pregunta no es el punto de partida para que los niños, después, aporten posibles soluciones y finalmente, buscar posibles actividades que permitan realizar pruebas que confirmen o cuestionen dichas soluciones.

Por otra parte, Paula reflexiona en torno al compromiso que como futuros maestros(as) se debería tener, al apuntar que: “hay otras formas de enseñar y están fundamentadas teóricamente por lo que son tan útiles (o más) que las clases ordinarias” “ahora sé que: un docente debe saber seleccionar información desde un punto de vista crítico...es decir implicarse de forma activa en su labor” reflexión que nos parece de gran importancia ya que la estudiante nos muestra que ante diferentes fuentes de información sobre posibles actividades de enseñanza-aprendizaje hay que ser críticos y valorar a conciencia su pertinencia para el aula. Vivimos rodeados de un mar de información, internet ofrece miles de actividades para desarrollar en el aula respecto a todos los contenidos educativos.

Sin embargo, la conveniencia de dichas actividades no siempre se valora adecuadamente o, como menciona Paula, se revisa de forma crítica, lo que lleva a que dichas actividades no formen parte de un hilo conductor claro, sólo sean actividades inconexas unas de otras que, o bien presentan, un objetivo demasiado general, o bien, no presentan un objetivo. Lo que puede contribuir a que los maestros de primaria caigan en el activismo ingenuo, experimentar por experimentar, sin un por qué y un para qué (Hodson, 1994, 2005; Lazarowitz y Tamir, 1994; Hofstein y Lunetta, 2004).

4.6 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS POR EL EQUIPO 1

Esta síntesis la mostraremos por medio de cuadros comparativos en donde se mostrarán las ideas de los integrantes del equipo al inicio del curso y después de haber terminado el curso, ya habiendo participado en el programa de formación inicial. En cada cuadro se mostrarán las ideas con respecto a los aspectos clave que hemos mencionado en la introducción de este capítulo y, que hemos estado desarrollando durante el mismo. Así pues, el primer aspecto a tratar será sobre las visiones deformadas de la actividad científica, el segundo sobre conocimientos del contenido a enseñar y, finalmente el tercero sobre el conocimiento de cómo enseñar los contenidos científicos y el uso de la metodología de indagación.

Sobre las visiones distorsionadas de la actividad científica

Cuadro 15: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre las visiones deformadas de la actividad científica, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.

Inicio de curso	<p>Ninguno de los cuatro estudiantes presenta una <i>visión Individualista-elitista</i> de la ciencia. Explican que el trabajo científico no depende del género, la edad o una actividad que se practique exclusivamente por genios aislados en un laboratorio. Expresan que el trabajo en equipo es importante, así como también la curiosidad y ser trabajadores como factores determinantes para avanzar en la ciencia.</p>
	<p>En cuanto a la <i>visión empiro-inductivista</i>, hay dualidad dependiendo de la situación que analizan o discuten. Por una parte, se aprecia, sobre todo, en Lucía, Ana y Juan, la crítica a entender la ciencia como algo exclusivamente relacionado con material complejo, laboratorios, y experimentos poco realistas, Ana incluso hace referencia, aunque de manera superficial, a la formulación de las hipótesis en el trabajo científico.</p> <p>Por otra parte, Juan justifica el conocimiento científico descubierto por azar y entiende el método científico como una serie de pasos rígida para evitar desastres durante un experimento, lo que evidencia, claramente, una visión empiro-inductivista de la actividad científica. Igualmente, Ana y Juan entienden el papel del experimento como algo esencial para <i>comprobar o verificar un hecho o avance científico</i>. Y Lucía, afirma que pensaba que <i>hacer observaciones y a partir de allí inducir la teoría era posible</i>.</p>
	<p>En cuanto a la <i>visión rígida-algorítmica</i>, todos presentan un ir y venir entre ideas que pueden aceptar el método científico como una serie de pasos, un tanto rígida, que ha de seguirse sin alteraciones para lograr un objetivo. Por ejemplo, Lucía muestra cierta tendencia a obviar los cambios y obstáculos que puede sufrir una teoría científica. Pero, presentan claridad respecto a características importantes de la actividad científica como la presencia de hipótesis que necesitan ser cuestionadas y la creatividad como un factor importante en la actividad científica. Como mencionábamos en los apartados anteriores, se nota que estos alumnos, por lo menos se habían planteado, seguramente en el curso anterior, las visiones deformadas sobre la actividad científica. Y, por ello, no aparecen tan claramente las visiones deformadas de la ciencia como en otros trabajos de investigación citados.</p>
	<p>Respecto a la <i>visión de ciencia acumulativa y crecimiento lineal</i>, todos presentan una concepción de ciencia siempre creciente, que principalmente se debe a los avances tecnológicos, los cuales permiten detectar "<i>fallos anteriores</i>" y "<i>avanzar más en los conocimientos</i>". Los estudiantes del equipo no contemplan periodos de estancamiento. Ana y Lucía proponen que en los últimos años la ciencia decrece ya que expresan que "<i>la gente ahora tiene muy poca idea de conocimientos científicos</i>" y "<i>se han producido problemas a causa del avance científico</i>".</p> <p>Sin embargo, no consideran acumulativo el conocimiento científico, en los casos de Lucía, Juan y Ana, se evidencia una comprensión en cuanto al carácter tentativo de los conocimientos dado que argumentan que pueden existir confrontaciones entre teorías o fallos que implican revisar los conocimientos existentes o incluso cambiar unos por otros. En cambio, el caso de Paula, se evidencia una concepción marcada en cuanto a una ciencia acumulativa y de crecimiento lineal.</p>
	<p>Los estudiantes del equipo no presentan, del todo, una <i>visión descontextualizada</i> de la ciencia, ya que en sus argumentaciones plantean la influencia de la política y la economía en la actividad científica, aunque, Lucía es la única que plantea la influencia de las creencias y cultura del que investiga. En cuanto a la relación ciencia y tecnología, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (Juan, Lucía, Ana)</p>
	<p>Los estudiantes del equipo no presentan, del todo, una <i>visión descontextualizada</i> de la ciencia, ya que en sus argumentaciones plantean la influencia de la política y la economía en la actividad científica, aunque, Lucía es la única que plantea la influencia de las creencias y cultura del que investiga. En cuanto a la relación ciencia y tecnología, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (Juan, Lucía, Ana)</p>

	<p>perciben una correlación más allá de concebir la tecnología como mera aplicación de la ciencia, pero no logran argumentar por qué lo consideran así. Posteriormente veremos que después de finalizar el curso y gracias a las discusiones en clase y las tutorías los estudiantes argumentan este aspecto con detalle.</p>
<p>Final de curso</p>	<p>En Lucía, vemos como en los análisis y explicaciones que da sobre las visiones deformadas de la actividad científica (en el cuestionario final) ahora realiza críticamente dicho análisis y reconoce perfectamente actividades (pensadas para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir dichas visiones distorsionadas identificando y argumentando con claridad cuáles de ellas podrán transmitirse y explicando cada una de forma correcta. Así mismo, del análisis metacognitivo de sus propias visiones deformadas, reconoce que tenía una visión rígida de la actividad científica dado que pensaba que el método científico tenía unas fases exactas (lo que ella llama <i>patrones para rechazar o validar las hipótesis</i>).</p> <p>También explica que pensaba que “hacer observaciones y a partir de allí deducir la teoría era posible, o sea, se forman evidencias”, es decir, confundía observaciones con hipótesis y que, “sólo los momentos de invención o creatividad ocurren cuando se hacen hipótesis, no el resto de una investigación”. También es interesante notar como apunta que antes creía que los problemas científicos no hacía falta simplificarlos para poderlos estudiar, es decir, no tenía claro la importancia del acotamiento de un problema y del posible control de variables que implica. Así como también, reconoce que obviaba los posibles problemas, obstáculos y cambios que puede sufrir una teoría científica.</p> <p>En cuanto a la superación de la visión descontextualizada, que como mencionábamos antes no tenía del todo claro, excepto por la falta de claridad respecto a la relación ciencia-tecnología, ahora argumenta que <i>“normalmente la gente tiene –y yo hasta ahora también la tenía- una concepción errónea de la tecnología. Se cree que es una simple aplicación de la ciencia, está como en segundo plano, y ambas disciplinas son independientes pero estrechamente relacionadas, están en constante desarrollo, resuelven problemas y crean conocimiento...”</i></p> <p>En Ana, vemos como también puede a partir de una actividad (pensadas para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir visiones distorsionadas. Ella misma realiza un análisis crítico y reconoce cuáles visiones podrán transmitirse, explicando cada una de forma correcta. Explica que el uso de <i>“ciertas actividades experimentales mal empleadas puede dar lugar a que la actividad científica se confunda con un simple proceso de observación y seguir unos pasos. Ofreciendo de esta manera una visión empiro-inductivista.</i></p> <p>En el análisis que realiza Ana sobre sus propias visiones distorsionadas de la actividad científica, identifica la presencia de una visión descontextualizada dado que <i>“siempre nos han dado la imagen...”</i> de la actividad científica realizada sólo en laboratorios y, la presencia de la visión empiro-inductivista dado que se prima la observación como único aspecto importante en las investigaciones, sin tener en cuenta la necesidad de hipótesis basadas en un campo teórico y la planificación de un diseño experimental que permita cuestionar dicha hipótesis.</p> <p>Así mismo, la presencia de una visión rígida e infalible <i>porque “siempre hemos creído que no es flexible”</i>, es decir, se le ha mostrado la ciencia como verídica y exacta. Ana también reflexiona en torno a la visión descontextualizada diciendo: <i>“desde el punto de vista de la enseñanza, es importante realizar este análisis de las diferencias y semejanzas entre la ciencia y la tecnología para poder aprovechar las</i></p>

ventajas que cada disciplina puede aportar en el aula. Generalmente tendemos a pensar que la tecnología es una aplicación de la ciencia. Esto es Erróneo porque la tecnología ha surgido, en muchas ocasiones, de manera independiente del conocimiento científico para dar respuesta a problemas humanos específicos y puede que esta subordinación se deba al status social que otorgamos al trabajo intelectual frente al trabajo tecnológico. Debemos superar esta jerarquización”.

En Paula vemos como también puede analizar críticamente una actividad (pensada para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir visiones distorsionadas. Paula pone el acento en aclarar cómo se puede transmitir una visión rígida de la actividad científica dado que “...siguiendo una serie de pasos se puede llegar a unas conclusiones válidas que no dan margen para cuestionar los conocimientos adquiridos”. También explica la visión empiro-inductivista aclarando que hay actividades en donde “se transmite al alumno que la simple observación y consecución de experimentos es el único método empleado por los científicos para explicar los fenómenos” y ello podría llevar a una visión ateorica y aproblemática dado que “no se requiere ningún conocimiento previo” para realizar la actividad.

En el análisis que realiza sobre sus propias visiones distorsionadas de la actividad científica, identifica la presencia de una visión rígida dado que antes “no me planteaba que la ciencia pudiera tener resultados modificables...tenía tan asumido que los conocimientos científicos son siempre verídicos que no pensé que esta fuera una visión distorsionada...” También argumenta que no había relacionado la ciencia con el mundo real, ni los problemas reales por ello tenía una visión aproblemática. Igualmente, analiza la presencia de la visión empiro-inductivista dado que tenía una visión de ciencia que se descubre, no de grupos de científicos que estudian, trabajan constantemente, generan hipótesis, prueban...

Finalmente, al igual que sus compañeras realiza un análisis respecto a la visión descontextualiza respecto a lo social, centrándose en la relación entre la ciencia y la tecnología. Mencionando: “tanto la ciencia como la tecnología hacen uso de los conocimientos y avances mutuos para progresar y ambas están en continuo cambio puesto que en ambas se cuestionan todos aquellos saberes y conocimientos adquiridos y, resuelvan problemas y cuestiones derivadas de las inquietudes humanas. Ambas modifican el mundo y el entorno”. Vemos como ahora reflexiona en torno a entender la relación entre ambas, más allá del tradicional entendimiento de la tecnología como aplicación de la ciencia.

Juan logra analizar una actividad (pensada para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir visiones distorsionadas. Sin embargo, su análisis se basa más en la percepción que tiene sobre la actividad en términos de fortalezas y debilidades que una explicación basada en sus conocimientos sobre las visiones distorsionadas de la actividad científica, justifica: se plantea una situación para que sea resuelto por los alumnos incentivando y acrecentando su autonomía, aunque como debilidad observo que falta una puesta en común por los alumnos en la que podrían comentar sus semejanzas y diferencias tras sus observaciones, falta esa puesta en común que haga que los alumnos cooperen entre ellos...”.

En cuanto al análisis que realiza de sus propias visiones distorsionadas de ciencia encuentra que antes tenía una visión rígida e infalible porque desde pequeño me enseñaron unos pasos rígidos del método científico, que debía memorizar. También argumenta que no conocía la visión empiro-inductivista, pero creía que todos los descubrimientos se realizan por casualidad, de repente. Con lo que podemos afirmar que sólo en poco grado ha mejorado respecto a las visiones distorsionadas de la actividad científica y, por tanto, no podemos afirmar que tenga mejores conocimientos sobre la NdC y su importancia en la enseñanza de las ciencias.

Respecto a las ideas sobre el sonido y cómo se propaga

Cuadro 16: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre el conocimiento del contenido científico a enseñar, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.

Inicio del curso	<p>Lucía expresa que el sonido <i>“se forma mediante ondas que chocan y rebotan”</i> Es decir, asume que el sonido es creado por onda, pero no sabe explicar qué mecanismo es el que hace que las ondas se propaguen y choquen. También indica que <i>“el sonido se escucha por el sentido auditivo”</i> Es decir, reconoce que existe una relación entre el sonido y el órgano receptor del mismo. Sin embargo, no profundiza o aclara la relevancia de dicha relación, esta es una idea previa bastante común, dado que los estudiantes suelen definir el sonido por sus efectos auditivos (sensaciones percibidas por el oído).</p> <p>De forma superficial, también menciona que necesariamente para que exista sonido ha de pasar “algo” con los objetos, ya que expresa <i>“...como los instrumentos musicales que producen sonidos cuando los tocamos...”</i> aunque lejos está de entender que son las vibraciones de las partículas del objeto y su posterior propagación a través de las partículas de un medio material elástico es lo que facilita la transmisión de la onda sonora o del sonido..</p>
	<p>Ana expresa que el sonido es <i>“un ruido que se produce por ondas sonoras...”</i> Aquí se aprecia lo mismo que con Lucía, asumir que el sonido es creado por “ondas”, pero no sabe explicar lo que es. Además de ello, también se presenta una idea previa bastante común en estudiantes de todos los niveles, definir el sonido como “ruido”. Es interesante apuntar en Ana, que es la única que, explícitamente, habla de <i>“movimiento del sonido...porque las ondas se mueven”</i></p>
	<p>Es decir, entiende que necesariamente ha de existir movimiento al hablar de ondas, sin embargo, no se aprecia que entienda como se produce la propagación en un medio. Así como tampoco expone la necesidad de la vibración de las partículas de los objetos como parte de la producción inicial.</p>
	<p>Paula explica que <i>“El sonido es lo que se escucha cuando tocamos o golpeamos objetos...”</i> Al igual que sus otras compañeras, reconoce que ha de pasar algo con los objetos para que exista sonido, pero no identifica la vibración y la propagación de dicha vibración para que el sonido como tal, se produzca. También reconoce, aunque tampoco profundiza en su explicación, que ha de existir necesariamente un sistema de recepción en nuestro organismo para que el sonido sea percibido <i>“...si tuviésemos un defecto de nacimiento, o un accidente y se afectara algo dentro del oído, no escucharíamos nada”</i>.</p>
	<p>Juan por su parte, define el sonido como <i>ruido</i>, con lo que también presenta esta típica idea previa de definir el sonido como ruido, debido a que no conoce lo que es en verdad. Al igual que Ana y Paula explica que necesariamente se genera cuando <i>“...alguna cosa es golpeada, movida...”</i></p> <p>Con lo que reconoce que ha de pasar algo con los objetos para que exista sonido, pero no identifica la vibración y la propagación de dicha vibración para que el sonido como tal, se produzca. Igual que sus compañeras, reconoce, sin profundizar en su explicación, que ha de existir necesariamente un sistema de recepción en nuestro organismo para que el sonido sea percibido.</p>
	<p>En síntesis, Hay muy pocos estudiantes que definan en el nivel macroscópico el sonido como las vibraciones producidas en un objeto, que se transmiten a través de un medio elástico, como por ejemplo el aire, en forma de ondas de presión. Y, muchos menos que, en el nivel nanoscópico, citen que estas ondas propagan el sonido a través de las vibraciones de las partículas, más o menos ligadas, del medio con el que está en contacto el objeto vibrante. Con lo cual, la idea, físicamente hablando, de onda como</p>

	<p>una propagación de vibraciones de la materia, está bastante lejos de ser comprendida significativamente por los estudiantes de distintos niveles educativos.</p>
Final de curso	<p>Lucía explica que: “el sonido se produce por la vibración de los cuerpos, necesita un medio (sólido, líquido, gas) por el que propagarse...no hay sonido sin aire” Como se ve, tiene claridad, conceptualmente hablando, sobre las ideas científicas básicas trabajadas en su proyecto. Sin embargo, se sigue apreciando que prefiere expresarlo en un nivel de complejidad inicial (muy parecido al que expresaron los mismos niños), dado que las descripciones aportan estrictamente la idea científica básica sin profundizar hacia una explicación molecular, como se ve, el lenguaje científico utilizado es igualmente sencillo.</p>
	<p>Ana también explica que “el sonido se produce por la vibración de la materia...se propaga por el aire, el sólido y el agua...el sonido no se propaga en el vacío” igual que pasa con las ideas explicadas por Lucía, el nivel de complejidad utilizado en sus explicaciones es básico. No utiliza en ningún momento la referencia a la vibración de las partículas y la transferencia de dicha vibración de unas a otras por un medio para explicar la propagación del sonido en un medio material y por tanto, la usencia del mismo en lo que denominamos vacío.</p>
	<p>Paula explica que “el sonido se produce por un movimiento vibratorio...el sonido necesita de un medio para propagarse (sólido, líquido, gas) y no se propaga en el vacío”. Como se puede apreciar, igual que pasa con las ideas explicadas por sus compañeras, el nivel de complejidad utilizado en sus explicaciones es muy básico. No utiliza en ningún momento la referencia a la vibración de las partículas y la transferencia de dicha vibración de unas a otras para explicar la propagación del sonido en un medio material y por tanto, la usencia del mismo en el vacío.</p>
	<p>Juan explica que “El sonido se transmite a través de vibraciones...el sonido se propaga en los 3 estados de la materia: líquido, sólido y gaseoso”. Al igual que ocurre con sus compañeras, la idea fundamental de que debe existir vibración de la materia y propagación por un medio para que el sonido sea posible, está clara. Sin embargo, de nuevo, el nivel de complejidad utilizado para sus explicaciones es básico.</p>
	<p>Como se puede apreciar, y guiándonos estrictamente por lo que han dejado constancia de forma escrita, no podemos asegurar que ninguno de los estudiantes haya logrado, en verdad, entender o asimilar lo que es una onda de presión y como se propaga en un medio. Ciertamente es, que la pregunta 1 (del cuestionario final), tal y como está formulada pide explicar tres contenidos que se logran abordar con su propuesta y, en su caso, entender el concepto de onda no se planteó como objetivo de dicha propuesta.</p> <p>Con lo que, dado lo general de la pregunta de este cuestionario, no nos permite concluir respecto a dicho concepto. Sin embargo, como mencionábamos más arriba, la comprensión del sonido como vibraciones producidas inicialmente en las partículas del objeto golpeado, que se transmiten a través de un medio elástico, como por ejemplo el aire, en forma de ondas de presión, es un concepto que debe trabajarse mucho más, dada su complejidad.</p>

Respecto a cómo enseñar el contenido. Conocimiento del aprendizaje como indagación

Este aspecto lo dividiremos a su vez en dos partes. Primero, en el cuadro 19, mostraremos las ideas de los estudiantes con respecto a la metodología científica, en especial el papel de la hipótesis y los experimentos. Después, en el cuadro 20, mostraremos las ideas de los estudiantes con respecto a cómo enseñar el contenido específico (sonido y su propagación).

Cuadro 17: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre el papel de la hipótesis y el experimento, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.

Inicio de curso	<p>Con respecto a sus ideas sobre qué harían para abordar una situación problemática sencilla (planteada en pregunta 2 de C-1). Ninguno de los cuatro estudiantes comenta la necesidad de una hipótesis para solucionar el problema. Lucía, Ana y Juan establecen un procedimiento metodológico que atiende al control de una sola variable, pero no tienen en cuenta la influencia de otras variables, también muy importantes, según el problema planteado.</p> <p>Paula directamente propone una metodología que no le permite realizar una contrastación de datos. Ninguno de los estudiantes menciona la necesidad de repetir las condiciones para verificar los datos obtenidos la primera vez, así como tampoco la necesidad de discutir los resultados y a partir de allí emitir algún tipo de conclusión, o modificar la metodología establecida si fuese necesario.</p>
	<p>En otra pregunta de C-1 (pregunta 4) se les planteaba una situación problemática histórica en la que debían identificar tanto la hipótesis como el problema. Esta actividad resultó ser más fácil para ellos dado que Ana, Lucía y Juan, por ejemplo, identifican, con claridad, la hipótesis y un problema, de una serie de postulados planteados. De hecho, definen de forma clara y correcta lo que entienden por hipótesis, sin embargo, no deja de ser interesante que planteen una justificación acertada respecto a lo que es una hipótesis, puedan identificarla a partir de una situación, pero no sepan formular y utilizar las mismas como en el caso del cuadro anterior. Paula sí que no comprende lo que es una hipótesis y en sus justificaciones se aprecia confusión entre datos reales obtenidos “observables” y posibles explicaciones de los fenómenos.</p>
	<p>Con respecto a lo que entienden por experimento y su papel dentro de la actividad científica (pregunta 5 de C-1), sus respuestas son variadas y escuetas, veamos: Paula, no responde. Pero sí que afirma, en la pregunta en que se pide justificar si la ciencia necesita de los experimentos para desarrollarse, que los experimentos <i>son una prueba que verifica los hechos o todo se quedaría en hipótesis que pueden ser aceptadas o no</i>. Lucía afirma: <i>“un experimento es la demostración práctica de un fenómeno científico”</i> lo que se puede considerar como inclasificable, pero también puede aceptarse como acepción de que es <i>“un hecho que reproduce lo que ocurre en un fenómeno científico”</i>. Respecto a la pregunta en que se pide justificar si la ciencia necesita de los experimentos para desarrollarse, Lucía expresa duda y no argumenta nada.</p> <p>Más acertada está Ana, cuando explica que un experimento <i>“se realiza con el fin de comprobar hipótesis, mediante los medios necesarios y métodos”</i>. Así mismo, argumenta que el experimento es necesario para comprobar las hipótesis formuladas. Juan por su parte define que <i>“es la formulación y prueba de un proceso con el que se quiere demostrar un suceso o hecho”</i> y, respecto a su relación con el desarrollo de</p>

	<p>la ciencia, Juan afirma que sí que necesita la realización de experimentos ya que un avance científico no puede verificarse si no ha existido un experimento previo donde se ha demostrado dicho avance.</p> <p>Como se puede apreciar, algunos ven el experimento como un procedimiento para cuestionar ideas o hipótesis, lo cual es correcto, pero ninguna de las respuestas incluye aspectos importantes como las condiciones controladas o control de variables; tampoco indican explícitamente que es una parte de una investigación más global y compleja o que ha de partir necesariamente de unos objetivos claros y basados en conocimientos científicos previos. Igualmente, se nota un poco las visiones rígida y empiro-inductivista que dotan al experimento de algo especial para que la ciencia se desarrolle dado que es el único método por el que se cuestionan las hipótesis.</p> <p>Estos planteamientos, muestran que en los estudiantes del equipo 1 la visión empiro-inductivista de la actividad científica, no está tan claramente definida, como hemos visto durante todo el análisis de las respuestas a sus preguntas; sí que se acentúa la presencia de una visión aproblemática y ateórica. Por otra parte, para los estudiantes de este equipo, no ocurre como en otros trabajos, como los de Murcia y Schibeci (1999), en los que se evidencia de forma más marcada que los futuros maestros tienen una comprensión ingenua y poco clara de la metodología científica, siendo constantes las referencias al “descubrimiento de la verdad” a través de las observaciones y pruebas experimentales (que al ser más y más “validadas”, dotan al conocimiento científico de veracidad, aunque no advierten su naturaleza tentativa).</p> <p>Sin embargo, sí que se aprecia que, frente a una situación problemática que han de resolver ellos mismos (como en la pregunta 2) la identificación y uso de hipótesis y establecimiento de unos objetivos como punto de partida para proponer un coherente diseño metodológico coherente es un punto débil, presente en los cuatro estudiantes.</p>
Final de curso	<p>Lucía argumenta que la hipótesis es una <i>“duda, que todavía tendrá que ser comprobada para ver si dicha idea es cierta o no”</i>. Respecto al papel de los experimentos y su relación con el desarrollo de la ciencia analiza que <i>no siempre es necesario la realización de experimentos...se puede alcanzar un nuevo conocimiento científico mediante pruebas matemáticas o cálculos</i>. Como vemos, Lucía al finalizar el curso presenta claridad respecto a estos dos aspectos de la NdC.</p> <p>Ana argumenta que la hipótesis es <i>un hecho probable pero no comprobado...necesita de una validación que pueda dar lugar a una conclusión...</i> Respecto al papel de los experimentos y su relación con el desarrollo de la ciencia apunta que la frase: <i>el conocimiento científico siempre necesita de la realización de experimentos...corresponde a una visión positivista de la ciencia porque sólo identifica el trabajo científico con el método científico en un laboratorio. Tras haber realizado el curso de didáctica de las ciencias hemos aprendido que existen otros métodos de validación del conocimiento científico, es el caso de los modelos lógico-matemáticos.</i> Como vemos, Ana al finalizar el curso presenta claridad respecto a estos dos aspectos de la NdC.</p> <p>Paula por su parte afirma que <i>“la hipótesis es una pregunta que se emplea como punto de partida de las investigaciones”</i>. Si bien afirma que una hipótesis es una pregunta y, tal y como está redactada su afirmación, podría decirse que está confundiendo la hipótesis con el problema, la estudiante también afirma en su argumentación que se trata de algo que <i>cuestiona</i> un fenómeno que está ocurriendo, lo cual es adecuado para referirnos a una hipótesis. Respecto al papel de los experimentos y su relación con el desarrollo de la ciencia explica: <i>...los científicos no pueden experimentar con todos aquellos fenómenos</i></p>

	<p><i>que pretenden comprender y, por tanto, las observaciones y teorías anteriores sirven para avanzar en la confección de modelos más aproximados sin la realización de experimentos.”</i></p> <p>Como vemos, por una parte, Paula argumenta que la validación de un conocimiento científico dentro de las teorías científicas existentes es válida para dotar ese conocimiento de credibilidad. Por otra parte, al afirmar que <i>las observaciones anteriores...</i> también sirven para validar los conocimientos, podría pensarse que sigue dando al mero hecho de observar un status importante dentro de la actividad científica, lo que nos muestra la presencia de una visión empiro-inductivista de la actividad científica.</p> <p>Juan explica que una hipótesis es una teoría, una idea de lo que ha podido ocurrir que después tendrá que ser investigada y comprobar que es correcta o incorrecta y después emitir unas conclusiones con los datos que se hayan recogido de las investigaciones” Respecto al papel de los experimentos y su relación con el desarrollo de la ciencia apunta: el conocimiento científico no siempre se obtiene con la realización de experimentos, se puede obtener de forma teórica.</p> <p>En esta frase (se refiere a la del enunciado de la pregunta que afirma que el conocimiento científico necesita la realización de experimentos para desarrollarse) podemos observar una idea distorsionada de la ciencia, ciencia rígida e infalible, ya que para llegar a un conocimiento científico necesitamos de experimentos, que para hacer ciencia hace falta material de laboratorio, y no es así. Como puede apreciarse sus ideas respecto a estos dos puntos de NdC sí que las argumenta de manera clara y casi correcta, ya que normalmente una teoría científica suele ser más compleja ya que suele contener más de una hipótesis.</p>
--	--

Cuadro 18: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 1, sobre el conocimiento del aprendizaje como indagación, antes y después del programa de formación inicial en el que han participado.

Inicio del curso	<p>Lo primero a destacar es la tendencia de Lucia, Ana y Paula por el típico activismo ingenuo y, podría decirse, típico empiro-inductivismo basado en el aprendizaje como descubrimiento: “es decir, el niño ha de realizar una actividad experimental ideada o copiada por el maestro –o sea, con poco significado para el niño- y, a partir del resultado obtenido, el niño inducirá la idea correcta” ya que presentan primero las actividades y, después, los objetivos de aprendizaje o competencias cuando debería ser al revés.</p> <p>Al analizar las actividades que han elegido, la forma en que plantean su implementación se nota que no se parte de un hilo conductor que guíe el conjunto de actividades y les dé sentido. Las tres tienden a mostrar que por el hecho de que el niño(a) observe algo, puede deducir después el por qué ocurre, nótese, por ejemplo, en una de las actividades que plantea Ana se expone: <i>“cada grupo colocará un reloj en una bolsa y después extraerán el aire, podrán ver cómo deja de sonar, el sonido no se propaga en el vacío, en una hoja deberán escribir por qué no suena al extraer el aire”</i>. Juan por su parte, primero plantea los objetivos, como debería ser, pero las actividades planteadas se guían según el modelo tradicional en el que hay explicaciones en la pizarra y luego comprobación con algunos experimentos que los niños han de observar.</p> <p>Lo segundo a destacar, es la dificultad que presentan los integrantes del equipo para establecer unos objetivos de aprendizaje, pese a que las ideas científicas que querían trabajar en su secuencia ya estaban claras. Se aprecia ambigüedad en los términos y expresiones utilizadas para expresar lo que quieren conseguir. Por ejemplo, cuando indican: “conocer cuáles son las condiciones para que se produzca (tercera</p>
------------------	--

	<p>competencia planteada por Juan)” o “estimar que el sonido...” o “establecer la relación del sonido con el medio para explicar...”</p> <p>También se evidencia confusión entre objetivos generales de la asignatura con objetivos de aprendizaje concretos de un contenido a trabajar, como sucede en el caso de Ana. Sin embargo, esto es comprensible dado que los estudiantes de magisterio, según el plan de estudios de la U.V, en el tercer curso no realizan planificaciones de aula y en sus prácticas tampoco se contempla intervención en el aula, con lo cual no han tenido la oportunidad de realizar este tipo de actividades en que tienen que plantear objetivos de aprendizaje de acuerdo a un contenido a trabajar.</p> <p>Lo tercero a destacar es la dificultad de todos los miembros del equipo para poder formular un problema (dentro del contexto de los niños) como punto de partida para desarrollar el hilo conductor de su secuencia de aprendizaje. Tanto es así, que no logran del todo partir de un problema, sino que inventan una situación fantástica sobre extraterrestres en la que los niños y niñas participan y por medio de pequeñas cuestiones van abordando el problema que en teoría tenían los extraterrestres.</p> <p>Esta es una cuestión interesante a analizar, por una parte, los estudiantes manifiestan explícitamente que: “Como nunca habíamos tenido una clase de ciencias pensada así... por lo menos en mi caso... pues no te das cuenta del trabajo que realmente implica por parte del maestro plantear este tipo de actividades. Pensaba que con elegir experimentos divertidos y que los niños los hiciesen era suficiente... ¿sabes?... es algo que damos por sentado...de hecho, yo en el instituto no hice experimentos de ningún tipo y me pensaba que con hacer algunos con los peques, sería suficiente... ¿sabes?”</p> <p>Juan: “Creo que es una metodología muy válida, porque sí que es verdad que cuando las actividades están conectadas y se hace todo a partir de preguntas, participas y entiendes más, trabajas más, como el modelo de báscula al que llegamos, toda esa discusión y preguntas previas (hace referencia a las 3 sesiones dedicadas a la actividad A-9 de nuestro programa). Lo que nos demuestra que, pese a que es una de las metodologías por las que se apuesta desde hace años según informes (OCDE, 2006a; Rocard, 2007) y gran cantidad de bibliografía en didáctica de las ciencias, poco se fomenta en verdad con los futuros maestros(as) y profesores(as) de ciencias.</p> <p>Por otro lado, también es interesante apuntar que, pese a que discutíamos en las tutorías que no es preciso crear entornos fantásticos para trabajar un contenido en las asignaturas de ciencias, los estudiantes de magisterio tienen tendencia a pensar que el trabajo con los niños(as) debe ser así para que resulte divertido, creativo y que puedan disfrutar. Una especie de tendencia exagerada a pensar que el juego es la única solución en el aula de primaria para que los niños y niñas no se aburran y “en verdad aprendan”</p> <p>Así mismo, idear un hilo conductor contextualizado basado en el desarrollo de estrategias de aprendizaje próximas o parecidas a las que suelen utilizarse en las prácticas científicas (Metz, 2008), también es un aspecto que el equipo inicialmente no se había planteado y les costó asimilar. Todos los integrantes del equipo asumían que el simple hecho de realizar <i>actividades interesantes y divertidas</i> bastaban y encajaban dentro del modelo de aprendizaje como indagación, de hecho, las actividades (elegidas para su secuencia de aprendizaje) que recopilan inicialmente son más bien un conjunto de actividades que no tenían como objetivo más que llamar la atención de los niños y niñas.</p>
--	---

	<p>Por lo que las tutorías se convirtieron en un espacio de análisis y ayuda en el que dialogábamos con el equipo respecto a la relevancia de las mismas con respecto a las ideas científicas que ellos mismos habían elegido. Está claro que, como se menciona en abundante bibliografía (Weiss et al., 2003; Banilower, et al., 2006; Reinsvold y Cochran, 2012), respecto a la enseñanza en Educación Primaria es fácil caer en el activismo ingenuo (<i>activity for activity's sake</i>) cuando los objetivos de aprendizaje no están del todo claro y por tanto la planificación del contenido se pierde.</p> <p>Cuando analizan una actividad basada en el aprendizaje como indagación, identifican características importantes e imprescindibles de la alfabetización científica y tecnológica por la que se aboga hoy en día en muchas las investigaciones e informes en educación en ciencias (OCDE, 2006a; Rocard, 2007), como favorecer la motivación, el aprendizaje autónomo, trabajo en equipo, trabajar para resolver problemas prácticos, etc., como ventajas de la indagación como modelo de aprendizaje. Sin embargo, paradójicamente, también identifican como desventajas del mismo modelo, el hecho de que son actividades <i>que “consumen mucho tiempo”</i> y por tanto dificultan impartir todo el <i>“contenido programado”</i>.</p> <p>Ello lo que nos indica es que los maestros en formación, pese a que aún no tienen experiencia en aula, parecen sentir el peso de tener que cumplir “a rajatabla” con unos contenidos que se asumen como importantes por el hecho de haber figurado tradicionalmente en los programas de enseñanza y libros de texto (Apple, 1989; Barrow, 2000; OCDE, 2006a; Pedrinaci et al., 2012; Ocelli y Valeiras, 2013) y no, porque se conciben y entiendan como un conjunto de “ideas principales o centrales de CyT”, esto es, discriminando entre aquello que es esencial y lo que no lo es y, justificando la presencia de los mismos por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema de su entorno (Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012).</p>
Final de curso	<p>Lucía logra analizar críticamente actividades (para niños y niñas) que tal y como están estructuradas no tendrían cabida en el modelo de indagación como aprendizaje (pregunta 8 del cuestionario final), argumenta que <i>son más actividades del modelo de aprendizaje por descubrimiento, ya que el docente no orienta al alumno, ni se pregunta por sus ideas previas, simplemente da una serie de instrucciones. Además, se le da una excesiva importancia a la observación.</i> Cuando se le pide analizar su propia secuencia diseñada expresa que necesariamente para poder llevar a cabo este modelo en el aula se ha de <i>“realizar un profundo trabajo de documentación para poder lograr los conocimientos suficientes del tema y desechar las ideas previas erróneas...planificar unas actividades y objetivos... ..ha de basarse en un aprendizaje activo basado en resolver pequeños problemas”</i>.</p> <p>Es decir, vemos como da importancia al trabajar un tema basándose en cuestiones o problemas y lo que la estudiante llama <i>“aprendizaje activo”</i>, que entendemos hace referencia a la participación activa de los niños y niñas en el que sus ideas y dudas son tenidos en cuenta al momento de desarrollar las actividades, así como también el trabajo en equipos. Así mismo es interesante como argumenta que dentro de las estrategias de aprendizaje, no sólo se incluyen las que lograron introducir en su secuencia sino, como estudiantes de magisterio, la serie de estrategias que le han permitido poder desarrollar esa secuencia. Menciona los seminarios durante el proceso de planificación y el profundo trabajo de equipo que han realizado (tanto dentro como fuera de la Universidad). Todo ello nos muestra una razón de peso, de lo crucial que es permitir a los maestros y maestras en formación vivenciar procesos en los que se les permita planificar, diseñar y analizar didácticamente el currículo que en un futuro trabajarán en las aulas.</p> <p>Ana por su parte, al analizar una actividad (para niños y niñas) que tal y como está estructurada no tendrían cabida en el modelo de indagación como aprendizaje (pregunta 8 del cuestionario final), argumenta que</p>

dicha actividad sí que pertenece al modelo de resolución de problemas *porque se han planteado una serie de preguntas para que el alumno adquiera unos conocimientos adecuados y no unos conocimientos dispersos como puede ocurrir en el caso del modelo por descubrimiento*. Vemos que, según dichos argumentos, Ana aún presenta problemas para distinguir actividades de aula enfocadas en la indagación como aprendizaje de actividades que simplemente están destinadas a la observación por parte de los niños(as).

Así como también tiene problemas en diferenciar un posible problema a trabajar en el aula de simples preguntas que se pueden formular en diferentes actividades para que los niños respondan según lo que observan. Al realizar el análisis de su propia secuencia, logra identificar características importantes del aprendizaje como indagación: por ejemplo, la importancia de partir de las ideas previas de los niños y niñas y de pequeñas preguntas que los niños *“deberán resolver”* permitiendo que expresen sus ideas a modo de hipótesis y realizando actividades donde se les permita *“corroborar o rechazar”* las mismas. Igualmente, Ana menciona la relevancia de la retroalimentación, aunque lo señala al final de todas las actividades y, como bien sabemos es un proceso que debería estar presente durante toda la secuencia.

Menciona también que, con base en el trabajo realizado, se hace necesario que el maestro(a) tenga un papel diferente al de simple “transmisor de información” y pase a convertirse en una ayuda para que los niños(as) puedan llegar a desarrollar sus propias ideas y conocimientos. Esto es interesante, ya que nos deja ver cómo los propios estudiantes de magisterio notan la necesidad de cambiar esas visiones tradicionales de enseñanza para permitir que el aprendizaje de los niños y niñas ocurra realmente. De ahí lo conveniente de brindar oportunidades de integrar el conocimiento del contenido disciplinar con efectivas formas de enseñanza de las ciencias (Haefner y Zembal-Saul, 2004; Rice, 2005) en los programas de formación inicial de los futuros maestros(as), de permitirles analizar sus propias concepciones y brindar espacios en los que aprendan sobre los contenidos científicos, pero también sobre cómo enseñarlos.

Paula logra analizar críticamente actividades (para niños y niñas) que tal y como están estructuradas no tendrían cabida en el modelo de indagación como aprendizaje (pregunta 8 del cuestionario final), argumenta con claridad como la actividad mostrada pertenece al aprendizaje como descubrimiento ya que *“no se presenta previamente ningún conocimiento específico que permita al estudiante llegar a una conclusión concreta”* y *“se da por supuesto que con este experimento el estudiante comprenderá el fenómeno de oxidación sin más”* características que, como bien sabemos, pertenecen a este modelo educativo. Cuando analiza su propia secuencia, argumenta que se han utilizado elementos de la indagación como modelo de aprendizaje ya que *se basa en una secuencia de pequeñas preguntas que incitan a la realización de hipótesis, para su posterior comprobación por medio de diferentes actividades*.

Así mismo, comprende que el maestro no es un mero observador de lo que las niñas y niños hacen, sino un guía constante que permite la reflexión y fomenta la participación, también concede especial importancia al trabajo en equipos, según expresa ella: *“ya que consideramos que el aprendizaje es más efectivo en grupos reducidos”*. Este último aspecto que menciona Paula como relevante y necesario, es muy interesante, dado que durante todo el cuatrimestre el trabajo de diseñar la secuencia de aprendizaje y todo lo trabajado durante el curso, se ha realizado en equipo, por tanto, Paula ha asumido y transferido esa necesidad de trabajar por equipos para avanzar en el aprendizaje.

Los cuatro miembros del equipo necesitan trabajar más en torno al planteamiento de problemas de interés para trabajar los contenidos científicos y realización de un hilo conductor basado en el modelo de

indagación. Está claro, que su secuencia es una primera aproximación al modelo, pero necesita ser menos guiada por el maestro(a) y permitir que sean los niños y niñas quienes propongan los diseños experimentales para abordar el problema principal planteado ¿qué es el sonido y cómo se mueve?

A destacar por parte de los cuatro estudiantes, es el valor que dan ahora tanto a las ideas previas de los niños como a las suyas propias, al momento de planificar una secuencia de enseñanza-aprendizaje. Este aspecto, como bien sabemos, es de gran relevancia como punto de partida dentro del modelo de indagación como aprendizaje. Igual de importante, es también el que menciona Paula en sus reflexiones finales, y que hace referencia a aprender a seleccionar desde un punto más crítico el contenido a enseñar, como plantea la estudiante *merece la pena trabajar menos conceptos, pero profundizar en los que se trabajan.*

Las tres estudiantes que logran implementar la secuencia presentan una excesiva preocupación por lograr realizar todas las actividades de su secuencia, con lo cual, la discusión entre los pequeños grupos de niños y niñas es casi inexistente, con un tiempo de espera (*wait time*) insuficiente para la discusión en los grupos. Con lo que, pese a que los estudiantes de magisterio hayan logrado planificar una secuencia aceptable basada en el modelo de indagación como aprendizaje, siguen teniendo esa percepción de los tiempos y “programa a dar” como algo de absoluta relevancia, lo que ha de trabajarse en los maestros(as) en formación.

Como mencionábamos en análisis anteriores, pese a que aún no tienen experiencia en aula, parecen sentir el peso de tener que *cumplir con el tiempo estipulado* para desarrollar unos contenidos y no, porque se conciben y entiendan como un conjunto de “ideas principales o centrales de CyT”, esto es, discriminando entre aquello que es esencial y lo que no lo es y, justificando la presencia de los mismos por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema de su entorno (Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012).

Se hace pues necesario llamar la atención en la formación inicial del maestro(a) de que si se quiere favorecer el aprendizaje del alumnado hay que relativizar “la obligación de dar todo el programa” ya que ésta es la principal excusa usada por muchos profesores y maestros en activo para no reflexionar sobre la innovación de sus enseñanzas puesto que ya las tiene programadas independientemente de las ideas del alumnado que tienen cada año y, por supuesto, no se plantean la evaluación de sus enseñanzas.

Finalmente, como se puede leer a partir de la respuesta a la pregunta 14 (del cuestionario final), se nota en Lucía, lo mismo ocurre con Ana, Paula y la mayoría de futuros maestros que lograron implementar la secuencia, una tendencia un tanto ingenua (puede ser que provocada por su falta de experiencia o por un desconocimiento sobre la complejidad de cómo los humanos comprendemos ciertos contenidos en profundidad y la necesidad de que sean trabajados a largo plazo) a percibir que la realización de una sola secuencia de aprendizaje sobre un contenido científico es más que suficiente para darlo por entendido del todo.

Esto es importante también someterlo a discusión dentro de los programas de formación inicial de maestros(as), han de saber y valorar que la comprensión de un contenido, sea la materia que sea, es un proceso a largo plazo que se da a lo largo de toda la etapa escolar. Cuando los futuros maestros tienen claridad respecto a estos procesos son más susceptibles de entender la innovación en el aula como un proceso que debe ser realizado y valorado a largo plazo, no a corto plazo y, así se pueden evitar la frustración o el dejar de innovar porque vemos que no da resultados inmediatos.

CAPÍTULO 5

**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS DEL EQUIPO 2:
EL CASO DE LA SECUENCIA DE
APRENDIZAJE SOBRE CALOR Y
TEMPERATURA**

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos por los integrantes del equipo 2, en relación a los logros adquiridos sobre el modelo de aprendizaje de las ciencias como indagación y su percepción acerca del proceso de formación en el que han participado. Para ello, nos centraremos en mostrar los resultados obtenidos por los integrantes del equipo sobre los siguientes aspectos clave:

- 1) Visiones deformadas sobre la actividad científica que tienen los estudiantes universitarios (5.2.1) y conocimientos previos de los mismos estudiantes respecto al contenido científico a enseñar (interpretación del fenómeno: qué es el calor y la temperatura y cuáles son sus diferencias) (5.2.2).
- 2) Ideas previas sobre cómo se habría de enseñar en la escuela el tema de calor y temperatura.
- 3) Diseño realizado por los integrantes del equipo de la secuencia de enseñanza sobre calor y temperatura, según el modelo de aprendizaje por indagación (selección del contenido, estudio de las posibles ideas previas y dificultades de los niños y niñas respecto a dicho contenido, planteamiento de una situación problemática o pregunta de interés, planteamientos de los objetivos de aprendizaje a lograr, actividades a proponer de acuerdo a los objetivos planteados y, criterios de evaluación del aprendizaje), dicho aspecto se trabajará en el apartado 5.3.
- 4) Implementación en la escuela de la secuencia diseñada y evaluación del posible aprendizaje logrado por los niños y niñas. Los resultados de dicha implementación y, por tanto, los datos recogidos sobre la posible aportación de la metodología de indagación para favorecer el aprendizaje de los niños y niñas se mostrarán en el apartado 5.4.
- 5) Reflexiones finales respecto al modelo de indagación como facilitador del aprendizaje escolar de las ciencias, y respecto al posible logro de la competencia docente debido al programa de formación en el que el equipo ha participado. En el apartado 5.4 mostraremos los resultados concernientes a este aspecto, es decir, a la percepción de los futuros maestros (de este equipo) con respecto al programa de formación en el que han participado.

A modo general, y con el ánimo de familiarizarse con los integrantes del equipo, decir que estuvo conformado por cuatro estudiantes, Esther, Clara, Almudena y María, las tres últimas pertenecían a la especialidad de educación musical. Las tres últimas integrantes se encuentran en edades de entre 22 a 23 años. Ninguna de ellas había visto contenidos de ciencias (física y química) desde 3 de ESO, excepto por la asignatura de Ciencias para Maestros que habían cursado el año anterior. Esther por su parte, es mayor de 25 años y ha terminado la carrera de Ingeniera Eléctrica. Con lo cual, es la estudiante que más ha trabajado los contenidos científicos. Todas las estudiantes participaron en la implementación de la secuencia en un colegio de Valencia, donde Esther hacía sus prácticas (en el apartado 5.4 se hablará detalladamente al respecto)

5.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIANTES DEL EQUIPO 2 RESPECTO AL CONOCIMIENTO DE LA DISCIPLINA

Mostraremos los resultados de los estudiantes del equipo respecto a la imagen o ideas que tienen sobre la actividad científica en el apartado 5.2.1 y, los resultados respecto a sus ideas previas sobre el contenido a enseñar (calor y temperatura) en el apartado 5.2.2.

5.2.1 ¿Qué visiones deformadas sobre la actividad científica se presentan en las estudiantes del equipo 2?

Para identificar las ideas espontáneas de los estudiantes sobre la imagen de ciencia y la actividad científica, se ha utilizado el cuestionario C-1. Recordamos que dentro de C-1, la pregunta 1, específicamente, tiene como objetivo ver, en general, cuáles son las visiones deformadas de la ciencia que logran detectar en torno a un dibujo mostrado. Así mismo, la pregunta 10 (específicamente en las frases I, II, III y V) también recoge información al respecto, por ello, mostraremos los resultados obtenidos de estas preguntas en el subapartado 5.2.1.1. En especial, se analizarán las argumentaciones respecto a la visión elitista e individualista y empiro-inductivista del trabajo científico, ya que, en trabajos anteriores (Fernández et al., 2005) se evidencia que son las dos visiones que con mayor facilidad pueden detectarse con el dibujo.

En el subapartado 5.2.1.2 se mostrarán las ideas de las estudiantes del equipo, con respecto a la visión descontextualizada socialmente de la ciencia; dicha visión se analiza con base en las frases VII, X de la pregunta 10. En el subapartado 5.2.1.3 mostraremos las ideas de los estudiantes universitarios con respecto a la visión rígida-algorítmica, dicha visión se analiza con base en las frases VI y VIII de la pregunta 10.

En el apartado 5.2.1.4 mostraremos las ideas de las estudiantes universitarias con respecto a la visión acumulativa y de crecimiento lineal, recordemos que dicha visión se valora con la frase IX de la pregunta 10 junto con las preguntas 8 y 9 de C-1. Conviene recordar que, dado que C-1 es un cuestionario largo y la contestación de los estudiantes lo hace aún más extenso (este texto escaneado ocupa entre 7 y 10 páginas aproximadamente), no lo presentaremos al completo para cada una de las estudiantes, se procederá de igual forma que hicimos en el capítulo 4.

5.2.1.1 Ideas espontáneas que tienen los estudiantes del equipo sobre la visión elitista-individualista y empiro-inductivista del trabajo científico

La respuesta a la pregunta 1 (aplicada al dibujo de la imagen 3) son las siguientes:

Respuesta de Esther:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No Sí ¿Por qué?

Porque muestra una idea de la ciencia en la que se trabaja en solitario, aislado, el hombre como el científico, cuando también en cole de mujeres, todos podemos hacer ciencia.
Los científicos se relacionan con los demás.
La ciencia también tiene teoría, estudios, cálculos y eso no se expone en la imagen - siempre se da la imagen de laboratorio con líquidos.

Respuesta de Almudena:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No Sí ¿Por qué?

Porque muestra una visión de la ciencia como errónea.
~~como es~~ En la imagen aparece un hombre haciendo referencia a que la ciencia sólo acceden hombres.
Además, en la imagen aparecen profetas indicando que se investiga sólo mediante experimentos.
(existen otros métodos como por ejemplo la observación)
También aparece la imagen de un hombre como si los científicos fueran personas enloquecidas y como si sólo un científico puede investigar.

Respuesta de Clara:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No X Sí ____ ¿Por qué?

No, porque la ciencia abarca muchos campos con diversas especialidades cada uno, no solo es ciencia la que se realiza en los laboratorios, la ciencia es muy extensa y no solo trata reacciones químicas o experimentos con utensilios de laboratorio. Además los científicos no trabajan solos, aislados.

Respuesta de María:

¿Utilizarías este dibujo para mostrar una imagen adecuada de la ciencia? No X Sí ____ ¿Por qué?

En mi opinión, esta ilustración muestra una imagen inadecuada de la ciencia que no se corresponde con el modelo ideal de proyecto científico. Así pues, el principal objetivo de la educación científica debería ser: mostrar a la ciudadanía la utilidad de los proyectos científicos a nivel social para dar respuesta a conflictos humanos como la pobreza en los países del tercer mundo o el impacto de la contaminación en el planeta, por ejemplo. Además, dicha imagen muestra un proyecto individual y complejo alejado de la realidad. Sin embargo, el trabajo científico requiere un compromiso grupal donde se barajen diferentes hipótesis para concluir en un consenso clave y útil en el ámbito social.

Como se puede apreciar en las respuestas de todas las estudiantes se evidencia la superación de una visión individualista y elitista del trabajo científico. Lo expresan claramente al explicar que la ciencia no ha de trabajarse de forma aislada, no depende del género o es una actividad que se practique exclusivamente en un laboratorio. La pregunta 10 del cuestionario C-1 (donde los ítems I, II, III y V también apuntan a identificar si se tiene o no la visión elitista e individualista) igualmente, todas las estudiantes identifican estar en desacuerdo con las afirmaciones:

	De acuerdo	En desacuerdo
I. El trabajo científico se desarrolla individualmente.		X
II. La ciencia es más para los varones que para las mujeres.		X
III. Hacer ciencia es una actividad reservada para genios (mentes privilegiadas)		X
V. Quien se dedique al trabajo científico y/o tecnológico suele ser una persona rara, despistada, ajena a la sociedad y que vive en su mundo.		X

Justificaciones de Esther: “El trabajo científico debe basarse en conocimientos trabajados a lo largo de la historia y deben comunicarse los resultados obtenidos para no frenar esa retroalimentación”. “Hacer ciencia requiere constancia, esfuerzo, buena gestión de la frustración y creatividad. La genialidad es muy bienvenida en cualquier área del conocimiento humano, pero es un bien muy escaso (por tanto, no indispensable)”.

Justificaciones de Almudena: “El trabajo científico no se desarrolla individualmente, pues hay equipos de investigación que trabajan juntos en la ciencia”. “Es una idea machista pensar que sólo los hombres hacen ciencia”. “La ciencia tiene múltiples factores del desarrollo cognitivo y experimental implícitos, no sólo las mentes brillantes logran hacer ciencia”. “Es una idea convencional (la afirmación del ítem V) que a veces nos han mal enseñado desde niños”.

Justificaciones de Clara: “Cuando se trabaja en grupo se pueden extraer más ideas, contrastar las de los compañeros y/o a partir de las ideas de otros surgir nuevas ideas en nuestro conocimiento...corregir posibles errores”. “la ciencia es un tema indiferente del género”. “Cada persona es un mundo y no por ser científico se tiene que ser una persona rara, tendrá sus diferentes gustos como todo el mundo”.

Justificaciones de María: “El trabajo científico como cualquier otro trabajo debe ser un trabajo basado en la colaboración de profesionales...solo trabajando en equipo y compartiendo conocimientos será posible el avance científico”. “No creo que el hecho de ser hombre o mujer sea un factor clave para dedicarse o no a la ciencia. Creo que se trata más de una cuestión de aptitud”. “no hace falta ser un genio para dedicarse a la ciencia. Hay millones de personas que se dedican a la ciencia y no son mentes privilegiadas. Supongo que para ello hace falta estar dispuesto a trabajar duro ya que se trata de una compleja disciplina”. “tampoco creo que el hecho de dedicarse a la ciencia determine el carácter de una persona. La personalidad de cada uno no está relacionada con la profesión desempeñada”

Como vemos, en las argumentaciones que plantean las estudiantes del equipo, tienen claro el papel del trabajo en equipo y del intercambio de ideas entre grupos como factor determinante para avanzar en la ciencia. Esther incluso menciona la relevancia de tener en cuenta trabajos previos y teorías existentes para que exista una retroalimentación de los conocimientos científicos, lo cual evidencia un acercamiento importante a la superación de una visión apromblemática y ateórica de la ciencia. Así mismo, se evidencia con claridad que entienden que el trabajo científico no es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas o que depende del género.

También se evidencia en las cuatro estudiantes el entendimiento de la ciencia como una construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores (como puede pasar a los propios alumnos), por ejemplo, Clara planteaba: *“contrastar las ideas de los compañeros y/o a partir de las ideas de otros surgir nuevas ideas en nuestro conocimiento...corregir posibles errores”*, María afirmaba: *“El trabajo científico como cualquier otro trabajo debe ser un trabajo basado en la colaboración de profesionales...solo trabajando en equipo y compartiendo conocimientos será posible el avance científico”*. Todo ello sumamente importante, desde el punto de vista didáctico, ya que contribuirá a que no se transmitan expectativas negativas a los niños y niñas en cuanto a sus capacidades se refiere y en cuanto a los beneficios del trabajo en equipo.

Por otra parte, respecto a la pregunta 1, y en relación con la posible superación de la visión empiro-inductivista, se aprecia, en todas las integrantes, la crítica a entender la ciencia como algo exclusivamente relacionado con material complejo, laboratorios, y experimentos relacionados con reacciones químicas. Esther y María incluso plantean que la imagen no muestra aspectos importantes de la investigación como lo son tener en cuenta teorías, cálculos, y *“barajar diferentes hipótesis para concluir en un consenso”* (como apunta María). Estos planteamientos muestran que, tanto Esther como María se acercan a la superación de una visión empiro-inductivista de la actividad científica. Por su parte Almudena menciona que en la imagen pareciese que *“...se investiga sólo mediante experimentos (existen otros métodos para investigar como por ejemplo la observación)”*

Lo que nos indica que la estudiante intuye que no sólo la experimentación ha de considerarse como lo más relevante en una investigación, sin embargo, al decir que otros métodos para investigar son la observación, se aprecia que da a la observación un estatus importante, lo que sí es una característica dominante dentro de la visión empiro-inductivista. Estas argumentaciones, al igual que ocurrió con el equipo 1, muestran un apreciable, pero tímido alejamiento de una visión empiro-inductivista, pero, un punto de partida muy favorable, dado que demuestra que nuestros estudiantes universitarios poco a poco van siendo conscientes de la NdC.

Como ya indicábamos en el capítulo anterior, estas actividades con los maestros(as) en formación son importante realizarlas, dado que, como se plantea en varios trabajos (Briscoe, 1991; Lederman et al., 1994; Furió, 1995; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Abell, 2007; Abd-El-Khalick, 2013) el conocimiento y reflexión respecto de sus propias concepciones sobre la ciencia y su enseñanza son factores que en un futuro les permitirán actuar como mejores docentes. Explicábamos también que la expresión: “tímido alejamiento”, es debido a que, del todo, en sus argumentaciones y explicaciones, no presentan un distanciamiento total de la visión, lo cual es normal, como se menciona

en una amplia variedad de trabajos (Hodson, 1988; Lakin y Wellington, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1998; Fernández et al., 2005) es una de las visiones más frecuentemente transmitidas y ampliamente extendidas en los docentes de ciencias.

Por tanto, nuestros estudiantes universitarios al estar formados conforme a estos planteamientos, es normal que manifiesten la misma tendencia. Al analizar la pregunta 7 y las afirmaciones IV, VI y VII de la pregunta 10 de C-1 (que también apuntan a conocer las ideas previas de los estudiantes con respecto a la visión empiro-inductivista) se evidencia la presencia de dicha visión sobre todo en María, Clara y Almudena. Veamos: la pregunta 7 cuestiona sobre si la ciencia necesita de la realización de experimentos para desarrollarse, las respuestas del equipo 2 fueron:

Respuesta de Esther:

Para que exista un crecimiento en el conocimiento científico se requiere investigación tanto empírica, teórica y práctica (experimentos en los que observar, contrastar...)

El experimento de Pasteur sobre la generación espontánea. Si el no hubiese realizado este experimento esta teoría podría seguir existiendo y la ciencia no hubiese avanzado.

Respuesta de Almudena:

No, porque el experimento no es la única forma que hay para investigar. Se puede hacer también mediante la observación, como, por ejemplo, cuanto tiempo tarda un huevo con agua hirviendo para hacerse duro.

Respuesta de Clara:

Si, porque si no se experimenta, las hipótesis que puedan aparecer no se sabrán si son ciertas o no. Hay que verificar aquello que científicamente queremos demostrar. Por ejemplo: muchos productos químicos, de limpieza o incluso alimenticios no se podrían sacar al mercado si anteriormente no hubieran sido testados con alguien, ya sea animal, persona u objeto.

Respuesta de María:

El conocimiento científico no podría llevarse a cabo sin una previa experimentación, pues la ciencia se basa en comprobaciones que, según su resultado obtenido, pueden pasar por verdaderas.

Por ejemplo, la fuerza de la gravedad (Newton) se puede explicar gracias a que precisamente la Tierra atrae la masa de los cuerpos hacia el centro de la misma.

Como se puede observar, Clara y María atribuyen al experimento la única forma en la que el conocimiento científico es verificado o *comprobado*, como apunta María. En el caso de Almudena, pese a no estar de acuerdo con que la experimentación sea el único método, sí que podemos observar que entiende la investigación y experimentación como sinónimos, es decir, desconoce todos los procesos implicados en un proceso de investigación. Así mismo, vemos como asume la *observación* como un método de verificación de un fenómeno científico, lo cual es parte de una visión empiro-inductivista del trabajo científico.

Como también ocurre en otros trabajos que estudian las ideas previas de los futuros maestros y maestras (Guisasola y Morentin, 2007) y, como comentábamos en capítulos anteriores, producto de la educación recibida, es difícil no tener una concepción empiro-inductivista y, por tanto, fácilmente omitir otro tipo de validación de las teorías como su predictibilidad, universalidad o coherencia con el marco teórico. Esther por su parte, es la que más se aleja de dicha visión, vemos como en sus argumentaciones plantea que *el crecimiento del conocimiento científico necesita de la investigación tanto empírica como teórica*, lo que, como indicábamos antes muestra en esta estudiante un alejamiento también importante de la visión aproblemática y ateórica del trabajo científico.

Del análisis de las afirmaciones IV, VI y VIII de la pregunta 10, para cada estudiante, se evidencia una tendencia empiro-inductivista, excepto en Esther. No obstante, dicha tendencia no es marcada, por el contrario, se evidencian matices interesantes que demuestran que pueden, en determinadas circunstancias, alejarse de esta visión distorsionada, veamos:

Esther argumenta estar en desacuerdo con todas las afirmaciones, sus justificaciones son las siguientes:

IV.	La mayoría de los descubrimientos científicos son consecuencia de la casualidad o una idea genial que ha surgido de repente.	X
VI.	El método científico es básicamente experimental y consiste en un conjunto de actividades que hay que seguir en un orden determinado.	X
VIII.	La ciencia se basa únicamente en los hechos. La imaginación, la creatividad y la duda son buenas para los artistas, pero no para científicos y científicas.	X

4. No lo creo así porque, aunque algunos sí que lo hayan sido, la mayoría se sustentan sobre trabajos laboriosos y bien fundamentados.

6. Según cuál sea nuestra necesidad, nuestra cuestión a resolver, a veces será necesario y mucho más útil una observación que un experimento.

8. La creatividad a la hora de formular hipótesis falsables es fundamental. Al fin y al cabo, qué es una hipótesis sino una 'conjetura'.

Se puede apreciar en Esther, tal como se veía en sus argumentaciones a las preguntas 1 y 7, que se aleja bastante de la visión empiro-inductivista, incluso en sus argumentaciones presenta características imprescindibles de la investigación como lo son basarse en un problema para así diseñar una metodología coherente cuando menciona: "según cual sea nuestra necesidad o cuestión a resolver...", la importancia de la creatividad y la realización de hipótesis para desarrollar cualquier tipo de actividad científica. También se evidencia como se aleja de la visión ampliamente extendida (Fernández et al., 2002), del conocimiento científico descubierto por azar y entender el método científico como una serie de pasos rígida.

María y Clara están de acuerdo con la afirmación VI y en desacuerdo con las afirmaciones IV y VIII. Sus justificaciones son las siguientes:

María:

IV. Creo que la casualidad y el azar no son elementos que tengan que ver con la ciencia, aunque a veces sí que se han generado dudas por la observación casual de algún fenómeno, cosa que ha llevado a la experimentación y más tarde al descubrimiento.

- VI. Los fenómenos científicos suelen ser estudiados y analizados sobre todo por medio de la observación y la experimentación. Sin embargo, no hay que perder de vista la importancia de las hipótesis, así como también de otros factores como la intuición, la duda, la imaginación...
- VIII. Las dudas y la imaginación en muchas ocasiones han sido positivas para plantearse fenómenos desconocidos hasta el momento, cosa que ha llevado a nuevos experimentos y a nuevos descubrimientos científicos.

Clara:

- IV. A parte de poder ser descubrimientos casuales, detrás de todo descubrimiento hay escondidas horas de mucho trabajo y esfuerzo, donde se contrastan opiniones y se llevan a cabo muchos experimentos para poder llegar a un objetivo y finalidad clave y lógica.
- VI. Creo que se basa en métodos experimentales y con un gran control sobre las posibles evoluciones y cambios que pueda tener.
- VIII. La imaginación, la creatividad y la duda también son importantes para la ciencia y los científicos, ya que a partir de estas pueden salir nuevos conocimientos.

Vemos como ambas estudiantes asumen el método científico como una actividad principalmente experimental o de *observación*. Sin embargo, no se detecta en ninguna de las dos, igual que ocurría con Esther, entender el conocimiento científico como algo meramente descubierto por azar o casualidad, argumentan que existe un trabajo previo, Clara indica que en dicho trabajo *se contrastan opiniones y se llevan a cabo muchos experimentos para poder llegar a un objetivo y finalidad clave y lógica*. Por su parte, María también destaca que no hay que *olvidar las hipótesis*, aunque no menciona a qué etapa de la actividad científica se refiere.

En cuanto a su idea sobre el método científico, poco expresan al respecto, excepto por Clara que indica que *hay un gran control sobre las posibles evoluciones y cambios que pueda tener* (el método experimental usado). Esto nos indica que, no tienen una visión del todo empiro-inductivista, dado que se evidencia el entendimiento de importantes características de la actividad científica, sobre todo el entendimiento de una labor que es producto del trabajo previo y de hipótesis.

Almudena por su parte, está de acuerdo con los tres planteamientos, sus justificaciones son las siguientes:

4. Pueden surgir por casualidad pero la persona que los descubrió había razonado o se había cuestionado algo, por ejemplo Newton cuando vio caer una manzana al suelo y descubrió la gravedad, no fue casualidad. Hizo un trabajo y un estudio por ese efecto casual, ver caer la manzana, le ayudó a explicar un fenómeno.
6. Creo que es cierto porque en dicho método se realizan ciertas actividades en un orden para obtener unos resultados.
8. Creo que el rigor científico si se apoyase en la imaginación y el arte no existiría, ni la ciencia sería tan noble.

Como podemos ver, en Almudena es donde más claramente se puede apreciar la tendencia empiro-inductivista de la actividad científica y aceptar el método científico como una serie de pasos, rígida, que ha de seguirse sin alteraciones para obtener unos resultados. Así mismo, vemos como se evidencia la tendencia a creer que la imaginación no tiene cabida cuando se habla de *rigor científico*. Sin embargo, pese a que considera que los descubrimientos pueden surgir por consecuencia de la casualidad, argumenta que igualmente se basan en un trabajo y estudio previo o posterior al hecho casual.

5.2.1.2 Ideas previas de las estudiantes del equipo respecto a la visión descontextualizada socialmente de la ciencia

Recordamos que dicha visión se analiza con base en las respuestas dadas a las frases VII y X⁶¹ de la pregunta 10. Los resultados obtenidos para cada uno de los estudiantes son los siguientes:

	De acuerdo	En desacuerdo
VII. El desarrollo científico no tiene nada que ver con creencias, actitudes ante la vida, intereses económicos, políticos, etc.		
La tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos.		

61. Veremos que algunos estudiantes a la frase X la denominan como la 2. Ello ha ocurrido porque en algunos instrumentos no quedaron bien establecidas las numeraciones en cada frase, pero la respuesta es la de la frase X.

Respuestas de Esther (en desacuerdo con la afirmación VII, de acuerdo con la afirmación X):

7. El desarrollo científico, como cualquier área del pensamiento humano, depende de todas esas variables para su devenir.
8. La tecnología se nutre de todo el conocimiento científico para darle una aplicación que sirva en el día a día.

Respuestas de Clara (en desacuerdo con ambas afirmaciones):

- VII. Muchas veces si se incluye, hay saberes que la gente con poder no quiere que salgan a la luz, por lo tanto, mediante grandes cantidades económicas esa información queda oculta.
- II. Pueden ir juntos los dos conceptos pero no unidos, son métodos diferentes.

Respuestas de María (en desacuerdo con la afirmación VII, de acuerdo con la afirmación X):

- VII. La ciencia forma parte de la identidad cultural-nacional y del imaginario colectivo de los estados y, por tanto, está estrechamente relacionada con las formas de vida y con los aspectos económicos, políticos y religiosos de cada uno de ellos.
- 2) La tecnología utiliza los conocimientos de la ciencia y los aplica a la construcción de productos útiles para la vida cotidiana.

Respuestas de Almudena (en desacuerdo con la afirmación VII, de acuerdo con la afirmación X):

7. Creo que si tienen que ver, por ejemplo los gobiernos invierten más en armas químicas y poco en vacunas porque necesitan tener como grandes potencias el poder asegurado, sin embargo si quisieran destinarían más dinero a ese terreno científico, el de la salud y a veces no se hace.
- 2) De acuerdo, realiza un uso funcional de estos.

Como se puede apreciar, las estudiantes del equipo no presentan, del todo, una visión descontextualizada de la ciencia en lo social, ya que en sus argumentaciones plantean la influencia de la política, la economía y la cultura en la actividad científica. En cuanto a la relación ciencia y tecnología, se evidencia que todas entienden la tecnología como aplicación de la ciencia, pero tampoco profundizan en sus argumentaciones. Igual que en el caso de estudio del equipo 1, es de esperar, dado que es una típica visión descontextualizada de la ciencia que se comienza a tener desde los colegios y reforzada por los libros de textos en donde se muestran algunas relaciones ciencia-tecnología, pero se reducen a la enumeración de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos (Solbes y Vilches, 1997).

En Fernández et al. (2002) también se plantea que una simple reflexión sobre el desarrollo histórico de ambas ya podría ayudar a los docentes a comprender que la actividad técnica ha precedido en milenios a la ciencia, y así, se permitiría comenzar a romper con la idea común de la tecnología como subproducto de la ciencia, como un simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de artefactos (lo que refuerza el supuesto carácter neutral, ajeno a intereses y conflictos sociales, del binomio ciencia-tecnología).

5.2.1.3 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a la visión rígida-algorítmica y la visión apblemática-ahistórica de la actividad científica

Como mencionábamos en el marco teórico, las visiones distorsionadas suelen ir relacionadas unas con otras, por ello, pese a que las frases VI y VIII de la pregunta 10, ya los hemos discutido en el subapartado 5.1.1.1, también los discutiremos en este subapartado, pero centrándonos en su relación con la visión rígida-algorítmica y apblemática-ahistórica.

	De acuerdo	En desacuerdo
VI. <i>El método científico es básicamente experimental y consiste en un conjunto de actividades que hay que seguir en un orden determinado.</i>		
VIII. <i>La ciencia se basa únicamente en los hechos. La imaginación, la creatividad y la duda son buenas para los artistas, pero no para científicos y científicas.</i>		

Respuestas de Esther (en desacuerdo con ambas afirmaciones):

6. Según cuál sea nuestra necesidad, nuestra cuestión a resolver, a veces será necesario y mucho más útil una observación que un experimento.
8. La creatividad a la hora de formular hipótesis falsables es fundamental. Al fin y al cabo, ¿qué es una hipótesis sino una 'creación'.

Como se puede apreciar en las justificaciones de Esther, existe claridad en cuanto al papel de la imaginación y la creatividad para el desarrollo y crecimiento de la actividad científica. Así mismo plantea que el diseño experimental depende mucho de *la cuestión a resolver*, lo que nos indica que la estudiante entiende la relevancia del problema a estudiar como punto de partida para poder diseñar cualquier método que permita abordarlo. Sin embargo, no es clara su idea sobre el método científico, fijémonos que, para la estudiante, al parecer un método para abordar un problema puede ser la simple observación.

Así pues, en Esther no se evidencia claridad respecto a si tiene o no visión rígida-algorítmica, en cuanto a la visión aproblemática-ateórica, aunque no lo ha mencionado en la justificación de estas dos afirmaciones, sí que mencionó en el análisis de la pregunta 1 y en la justificación del ítem IV que la ciencia para desarrollarse necesita tener en cuenta la *teoría y se sustenta en trabajos laboriosos y bien fundamentados*. Con lo que la estudiante no parece tener esta última visión.

Respuestas de Clara (de acuerdo con la afirmación VI, en desacuerdo con la VIII):

- VI. Creo que se basa en métodos experimentales y con un gran control sobre las posibles evoluciones y cambios que puede tener.
- VIII. La imaginación, la creatividad y la duda también son importantes para la ciencia y los científicos, ya que a partir de estas pueden salir nuevos conocimientos.

En la respuesta al ítem VI, Clara justifica estar de acuerdo con que el método científico consta de una serie de métodos experimentales que hay que seguir con un gran control, vemos como la estudiante prioriza la experimentación como método científico, pero también menciona una característica importante de la actividad científica que es el control de variables, o lo que ella denomina *gran control sobre las posibles evoluciones y cambios que puede tener*. Así, la visión rígida del método científico se hace presente en esta justificación. Sin embargo, percibe la imaginación y la creatividad como factores

importantes para el desarrollo de la actividad científica. En cuanto a la visión apromblemática-ateórica, no menciona en ninguna de sus justificaciones la necesidad de tener en cuenta teorías previas, ni tampoco menciona la necesidad de partir de una cuestión o problema.

Respuestas de María (de acuerdo con la afirmación VI, en desacuerdo con la VIII):

- VI. Los fenómenos científicos suelen ser estudiados y analizados sobre todo por medio de la observación y la experimentación. Sin embargo, no hay que perder de vista la importancia de las hipótesis, así como también de otros factores como la intuición, la duda, la imaginación...
- VIII. Las dudas y la imaginación en muchas ocasiones han sido positivas para plantearse fenómenos desconocidos hasta el momento, cosa que ha llevado a nuevos experimentos y a nuevos descubrimientos científicos.

En la respuesta al ítem VI, María justifica estar de acuerdo con que el método científico consiste en la observación y experimentación, no queda clara su idea sobre lo que es el método científico y si considera o no el mismo de forma rígida. Lo que sí se puede apreciar en su justificación es que también asume que dentro del método científico ha de incluirse la formulación de hipótesis, no aclara cuándo, ni tampoco su relación con la experimentación. En cuanto a la visión apromblemática-ateórica, igual que pasa con Clara, no menciona en ninguna de sus justificaciones la necesidad de tener en cuenta teorías previas, ni tampoco menciona la necesidad de partir de una cuestión o problema.

Respuestas de Almudena (de acuerdo con ambas afirmaciones):

6. Creo que es cierto porque en dicho método se realizan ciertas actividades en un orden para obtener unos resultados.
8. Creo que el rigor científico si se apoyase en la imaginación y el arte no existiría, ni la ciencia sería tan creíble.

Almudena claramente presenta una visión rígida e infalible dado que afirma que el método científico ha de seguirse de acuerdo a una serie de pasos para poder obtener unos resultados. Así mismo, destaca que, si la ciencia se apoyase en la imaginación y el arte, *no existiría ni sería tan creíble*, lo que de nuevo confirma su tendencia respecto al método científico como rígido-algorítmico.

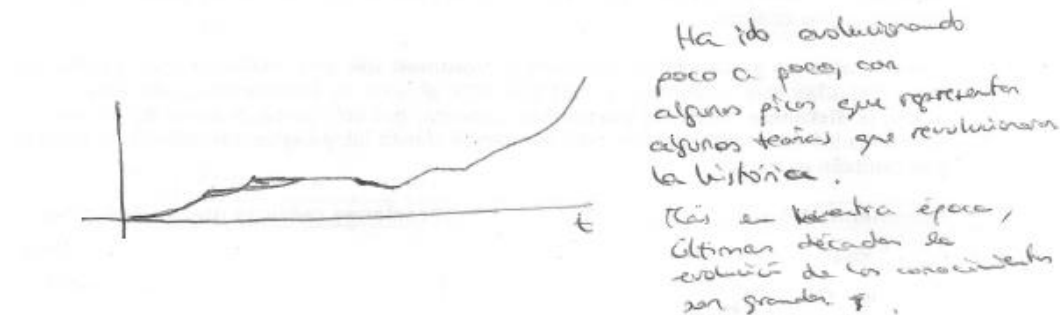
Estos resultados concuerdan con trabajos como los de Hodson (1992) donde también se muestra que esta concepción se arraiga en los estudiantes y se pone particularmente en evidencia en lo que respecta al trabajo en el laboratorio y la evaluación, dado que existe una preocupación obsesiva por evitar la ambigüedad y asegurar la fiabilidad, lo que distorsiona la naturaleza misma del trabajo científico, esencialmente difuso, incierto, intuitivo. Respecto a la visión aproblemática-ateórica, igual que pasa con Clara y María, no menciona la necesidad de tener en cuenta teorías previas, ni tampoco menciona la necesidad de partir de una cuestión o problema.

5.2.1.4 Ideas previas de los estudiantes del equipo respecto a visión acumulativa y de crecimiento lineal de la ciencia.

Recordemos que dicha visión se valora con las preguntas 8, 9 y la frase IX (pregunta 10):

Respuestas de Esther (responde a todas las preguntas):

8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representa una gráfica y justifica la gráfica realizada.



9. Después de desarrollarse una teoría científica (como p.e. la teoría atómica, la teoría de la evolución, la teoría de la mecánica ...) vuelve a cambiar alguna vez?

- a. Si opinas que no cambia explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
 b.1. Si opinas que la teoría cambia, explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
 b.2. En este caso, explica por qué tenemos que molestarnos en estudiar las teorías científicas.

Una teoría científica es una entremado de explicaciones que intentan dar explicación (valga la redundancia) a un hecho, pero que queda abierta a nuevas aportaciones. Es decir, ésta se puede ver modificada por nuevas descubrimientos que la corrijan de una manera diferente o que incluso la pueden llegar a refutar.

Aun así, es necesario estudiar dichas teorías que nos sirven de punto de partida y de trampolín desde el cual utilizar nuestro pensamiento divergente y, si nuestro interés y nuestro talento nos lo permiten, contribuir al conocimiento científico con nuevas aportaciones.

	De acuerdo	En desacuerdo
El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.		X

1. No, porque la historia nos demuestra que en no pocas ocasiones convivimos o están en conflicto ideas opuestas. Además, las condiciones externas a él (situación política, económica, religiosa etc.) hace que haya periodos en la historia donde se ha retrocedido en el desarrollo científico.

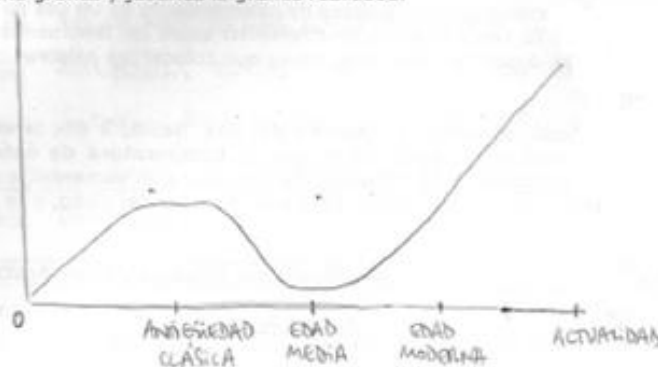
Respuestas de Clara (IX-pregunta 10), no responde a la pregunta 8 y 9:

	De acuerdo	En desacuerdo
El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.		X

A tener acumulados todos conocimientos, algunos llegan a contraponerse con algunos conocimientos antiguos, otros pueden quedar en el olvido o no dadas la suficiente importancia que pueden tener.

Respuestas de María (preguntas 8, 9), no justifica frase IX de la pregunta 10:

8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representa una gráfica y justifica la gráfica realizada.



Si partimos de la Antigüedad clásica (Grecia y Roma), podemos decir que es ahí donde surge la ciencia y en ella realizamos importantes descubrimientos en disciplinas tales como la astronomía.

Con la Edad Media y la llegada de la Iglesia la ciencia sufre un retroceso y estancamiento importante. Poco a poco, con el paso del tiempo y la pérdida de poder progresivo de la Iglesia, la ciencia vuelve a avanzar hasta alcanzar en la actualidad un nivel de importancia fundamental para el desarrollo de la vida humana.

	De acuerdo	En desacuerdo
IX. El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.	X	

Respuestas de Almudena (preguntas 8, 9 e ítem IX-pregunta 10):

8. ¿Cómo ha ido evolucionando el conocimiento científico a lo largo de la historia? Representa una gráfica y justifica la gráfica realizada.



A lo largo de la historia han habido científicos que muchas de ellos sufrieron porque sus ideas no encajaban con las de la sociedad. Con las investigaciones de los científicos salían a la luz corrientes que algunos llegaban a ~~su~~ instaurarse aunque al paso del tiempo otras corrientes desmentían la anterior para dar lugar a la nueva teoría. En la actualidad se investiga pero no lo suficiente por falta de subvenciones.

9. Después de desarrollarse una teoría científica (como p.e. la teoría atómica, la teoría de la evolución, la teoría de la mecánica ...) vuelve a cambiar alguna vez?

- a. Si opinas que no cambia explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
 b.1. Si opinas que la teoría cambia, explica porqué. Justifica tu respuesta con un ejemplo.
 b.2. En este caso, explica por qué tenemos que molestarnos en estudiar las teorías científicas.

Opino que las teorías en su base no cambian, demuestran un fenómeno que ha sido demostrado y experimentado antes de desarrollarse esa teoría. Pueden verse completadas o ampliadas. También cuestionadas por otras nuevas teorías que contradicen estas y son igualmente demostradas. En torno a un fenómeno pueden existir diferentes teorías.
 La teoría de la evolución

	De acuerdo	En desacuerdo
El desarrollo de la ciencia es siempre creciente, es decir, los nuevos conocimientos se van acumulando, sin problemas, a los conocimientos anteriores.	X	

Es cierto por eso la teoría de la evolución ha cambiado y se han escrito otras.

Como se aprecia en las gráficas y sus explicaciones del ítem IX, Esther no presenta dicha visión, en sus argumentaciones plantea claramente que una teoría científica siempre queda abierta a nuevas aportaciones...puede verse modificada por nuevos descubrimientos que la concreten de una manera diferente o que incluso la pueden llegar a refutar. Así mismo plantea que pueden existir periodos en los que coexisten ideas opuestas y la influencia de condiciones políticas, económicas y culturales que hacen que existan periodos de estancamiento en el desarrollo científico.

María y Almudena muestran gráficas en las que el conocimiento crece y decrece (ondula), pero al final es lineal creciente, justifican ello de acuerdo a interferencias culturales, políticas y económicas que permitían o no que una teoría saliese a la luz. Por otra parte, en Almudena se evidencia una concepción marcada en cuanto a la idea de ciencia acumulativa, dado que explica que *las teorías en su base no cambian, pueden verse completadas o ampliadas, o cuestionadas*. En Clara y María en cambio, se evidencia una comprensión en cuanto al carácter tentativo y no acumulativo de los conocimientos científicos, dado que argumentan que pueden existir confrontaciones entre teorías o *condiciones externas (políticas, culturales)* que influyen en los mismos y que pueden afectar si dichos conocimientos salen o no adelante.

En resumen, igual que como se pudo apreciar en el equipo 1, por lo menos para Esther, Clara y María, se aprecia que, debido a la enseñanza recibida en cursos anteriores, las visiones deformadas de la ciencia, no son tan claramente negativas como se ha visto en artículos citados. Es importante ver como Esther, María y Clara tocan en diferentes preguntas la importancia de las hipótesis dentro de la actividad científica, como aspecto que permite *"falsar o no los conocimientos"*, como apunta Esther. Así mismo es de destacar en María y Esther la mención que hacen a tener en cuenta los problemas *"o cuestiones a resolver"* como punto de partida de toda investigación.

Este aspecto, es uno de los más importantes a tener presente para comprender la actividad científica y, de los dos equipos para los que hemos realizado el estudio de casos, son las únicas estudiantes que lo plantean en sus argumentaciones y justificaciones

iniciales. También, es de destacar, al igual que ocurre con el equipo 1, su distanciamiento respecto a la visión descontextualizada socialmente de la ciencia, la cual en todo momento argumentaban que es una actividad que se construye necesariamente con equipos de trabajo los cuales están conformados por personas en los que no debería haber distinción de género o procedencia.

5.2.2 ¿Qué conocimientos previos tienen las estudiantes del equipo 2 sobre el contenido a enseñar (Calor y temperatura)?

Otro de los aspectos fundamentales a analizar, dentro de nuestro marco teórico, hace referencia a conocer cuáles son las ideas de los futuros maestros con respecto a los contenidos científicos del currículo de Educación Primaria. Así pues, en la sesión 4 preguntamos a nuestros estudiantes (de forma individual) qué entendían sobre esas ideas científicas que ya habían elegido para diseñar su secuencia didáctica, para este equipo en particular E-1a (instrumento de ideas previas que consistía en responder a las preguntas: ¿Qué creéis que es el calor? ¿Qué es la temperatura? ¿Creéis que existe alguna relación entre estos dos conceptos?) los resultados a partir de este instrumento son los siguientes:

Esther plantea: *“El calor es una transferencia de energía que tiene lugar cuando interaccionan dos objetos o sistemas materiales diferentes” “la temperatura es una propiedad de la materia que se relaciona con el movimiento de las partículas”*. En el caso de Esther, vemos como le faltaría completar la definición de calor añadiendo que los dos sistemas han de estar a temperatura diferentes ya que si no se indica estaríamos identificando calor y trabajo y, respecto a la temperatura, se aprecia que está bien como concepción cualitativa, aunque se hubiera podido concretar más si se hubiera relacionado con la energía cinética de las partículas, bien en gases o bien ligadas en estructuras, pero sin identificar temperatura con energía ni tampoco con el movimiento de las partículas citadas.

María presenta las siguientes ideas: *“El calor es una energía que se desprende de los objetos a altas temperaturas” “la temperatura es la variación de energía que se puede encontrar de manera elevada (calor) y baja (frío)”*. En este caso, se identifica claramente calor con energía, que es una concepción alternativa bastante extendida también entre estudiantes de bachillerato según Erickson y Tiberghien (1989), Clough y Driver (1985) y Solbes y Tarín, 2004. En cuanto a la concepción sobre temperatura, ya es más difícil de categorizar, puesto que, primero, la confunde con la energía, luego con la variación de energía, y finalmente la identifica con la sensación térmica, que consiste en aceptarla

como los grados de caliente y frío indicados como idea alternativa en varios trabajos de investigación (Erickson y Tiberghien, 1989; Rosebery et al, 2010).

Clara expone: *“El calor es una forma de expresar altas temperaturas, altos grados, y por lo tanto hace calor” “La temperatura es un modo de medir en grados la cantidad de calidez que tiene un cuerpo”*. En Clara sí que queda bastante explícita la identificación cualitativa de calor con temperatura, aunque limita el calor solamente a las altas temperaturas, como indica Lee (2014). Esta idea se completa al definir temperatura, ya que para esta estudiante es la medida cuantitativa de la ‘calidez del cuerpo -calor- en grados’. Otra interpretación es la que apunta Erickson et al., (1989) de que el calor es la temperatura del cuerpo concebida como ‘sensación térmica’ que ‘siente’ la persona al tocar dicho cuerpo y que se mide en grados. Idea bastante extendida como se explicita claramente a continuación con Almudena.

Almudena plantea: *“El calor es una sensación térmica alta con la cual puedes sentirte bien, aunque si es excesivamente alta puede ser peligrosa” “la temperatura es la palabra con la cual nos referimos a la sensación térmica que hay en un lugar, puede ser cualquier sitio o cosa, frío o caliente”*. En Almudena sale explícitamente la concepción alternativa de calor como sensación térmica que según la investigación es la más extendida en el lenguaje cotidiano de frío y caliente y también se identifica expresamente con la temperatura.

Como se puede apreciar, excepto en Esther (que como explicaremos más adelante tiene ideas más claras respecto a estos contenidos dada la carrera que realizó previa a magisterio), se evidencia que las ideas previas de las estudiantes en torno al calor y la temperatura, son parecidas a las expresadas por estudiantes de varios niveles educativos (secundaria, bachillerato y primeros cursos universitarios) mostradas en los estudios señalados. Estas ideas suelen persistir, entre otras razones, porque el término de calor se aplica a través del lenguaje como concepto de sentido común en muchos fenómenos.

Y por lo mismo, aparecen inconsistencias conceptuales y semánticas en la literatura (Hornack, 1984 citado por Cervantes, 2001) como, por ejemplo: Calor es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperaturas, es decir, fluye calor del cuerpo más caliente al más frío. O sea, se considera que el calor es una forma de energía (Hierrezuelo y Molina, 1990; Michinel y D'Alessandro, 1994) y temperatura es una medida de la cantidad de calor o energía calórica presente en un cuerpo (García-Hourcade y Rodríguez, 1985).

En particular, estas definiciones son muy aceptadas en la mayoría de los diccionarios, enciclopedias y libros de texto, en vez de la definición adecuada en la que ha de asumirse el Calor como una forma particular de transferencia de energía. Así mismo, el uso de expresiones como energía térmica, energía calórica, contribuyen a aumentar más aún la confusión acerca del concepto. El término “energía térmica”, por ejemplo, suele ser aceptado, sobre todo en textos anglófonos (“heat energy”), como sinónimo de “energía interna” debido a que se le quiere caracterizar como la debida a la temperatura del cuerpo.

Pero por otra parte, esto es criticable porque suele acarrear una fijación funcional presente incluso en estudiantes universitarios de últimos cursos de carreras de Ciencias ya que se asume que la energía interna solamente depende de la temperatura como se ha comprobado en Furió-Gómez y Furió-Más (2016). Por otra parte, el concepto de calor no se diferencia totalmente del concepto de temperatura (Harrison, 1999; Odetti, 2001 citados en Cervantes et al. 2001; Nunes, 2003), de hecho, es común que los estudiantes definan la temperatura como la medida del calor que puede tener un objeto.

Por tanto, no relacionan el concepto de temperatura con el hecho de que toda materia (sólida, líquida y gaseosa) se compone de átomos o moléculas en agitación continua y que, en virtud de este movimiento aleatorio, los átomos y las moléculas de la materia pueden tener energía cinética (no solo de traslación sino también de, rotación y/o vibración) y potencial. Ahora bien, en el caso más sencillo que las partículas no estuvieran enlazadas como ocurre en los gases ideales se puede simplificar y decir que cada una solamente tiene energía cinética y que el promedio de estas energías es directamente proporcional a la temperatura.

Por tanto, incluso en el caso más sencillo de los gases perfectos no se debe confundir la temperatura con la energía cinética promedio de las partículas, pero sí se puede indicar que hay una relación de proporcionalidad directa entre aquella energía cinética promedio con la temperatura como se demuestra mediante la ley de Boyle. Después de obtener sus ideas previas y, como habíamos expuesto en el capítulo 3, les pedimos a cada uno de los integrantes del equipo que consultase (en las fuentes que considerasen necesarias) sobre los conceptos de calor y de temperatura, dicho material debían traerlo a la primera tutoría, y dado que se constituye en un material que nos permitiría conocer cómo organizan las ideas encontradas para entender un contenido científico (instrumento E-1b).

Como explicábamos antes, las tutorías nos permitían valorar, de acuerdo a las ideas y discusiones generadas en las mismas, hasta qué profundidad querían llegar los integrantes del equipo en cuanto a la comprensión de los conceptos, qué ideas científicas establecen como punto de partida para trabajar en las aulas con los niños y niñas y, qué

justificación dan sobre la importancia de enseñar esas ideas. Para este equipo en particular esperábamos que la discusión de la tutoría y el instrumento E-1b giraran en torno a las ideas establecidas en el cuadro 8 (detallado en el subapartado 3.4.2.3 del capítulo 3). Los E-1d de los integrantes del equipo son:

Resumen de Esther:

ENERGÍA	TEMPERATURA	CALOR
-Agitación de las partículas	-Medida del movimiento	-Transferencia de energía
-Capacidad de generar movimiento	-Propiedad (magnitud) que expresa la agitación o movimiento de las partículas	-Interacción entre sistemas
-Capacidad de generar un cambio		-Transferencia en la dirección de menor temperatura a mayor.
-Se presenta en diferentes formas	-Aparato de medida: termómetro	
-Se puede transportar		
-Se transfiere		
-Se puede almacenar		
-Se degrada		
-No se crea ni se destruye solo se transforma (P.C.E)		

En este esquema de Esther, vemos como da respuestas más correctas que sus otras compañeras, debido a lo que mencionábamos anteriormente de sus conocimientos previos en ciencias. No obstante, se pueden resaltar los siguientes aspectos: En el caso de la Energía, la idea correcta de *capacidad de generar cambios* es más general y subsume la de *generar movimiento*; sobra la afirmación de *agitación de las partículas*, ya que es un estado del sistema. Por otra parte, no se clarifican las diferentes formas de energía que indica y cuando menciona que la energía *se puede transportar*, es una frase ambigua que puede significar que la energía es un material que se puede transportar o, por el contrario, puede darle el sentido más correcto de “la energía se puede transformar”, más relacionado con las formas de energía (cinética y potencial).

El resto de las frases sobre la energía son correctas y completan las características de la energía tratadas en textos universitarios (Michinel y D'Alessandro, 1994). Respecto a la temperatura, vemos como la primera frase ya parte de una idea previa, ya que la temperatura no es una medida del movimiento como pueden ser la velocidad o la aceleración y surgió más bien relacionándola con el fenómeno de la dilatación –variación del volumen- de los cuerpos y, en particular, de los gases y líquidos.

Por ello en la segunda frase, pese a que es correcto que la identifique como propiedad de un sistema material, también asocia *con movimiento o agitación de las partículas* en vez

de su interpretación correcta que sería relacionarla con la energía cinética del conjunto de partículas. Respecto al calor, le faltó añadir en la primera frase que dicha transferencia de energía necesariamente ocurre cuando hay diferencia de temperatura entre los dos sistemas. Así mismo, la segunda frase es demasiado general y la tercera es incorrecta porque si la transferencia es de energía, la dirección es del sistema que tiene mayor temperatura al sistema con menor temperatura.

Resumen de Clara:

ENERGÍA	CALOR	TEMPERATURA
<ul style="list-style-type: none"> - Se transfiere, puede pasar de unos cuerpos a otros. - Se transforma, puede convertirse en otra. - Puede ser transportada, por ej, en forma de combustible fósil. - Se puede almacenar, en pilas, baterías... - Se conserva cuando pasa de un cuerpo a otro o se transforma en una otra. - Se degrada, cuando pierde su utilidad o ha perdido su calidad - Existen varios tipos de energía: física, cinética, potencial... además de las renovables y las no renovables. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tiene magnitud física que le sirva de referente, o tal magnitud es la temperatura. - El calor está contenido en los cuerpos (sistemas). - La aparición del calor implica, por lo menos, la presencia de 2 sistemas. - Los sistemas deben estar a diferente temperatura. - el calor es energía, la cual se transfiere. (energía calorífica). - Han de asegurarse las condiciones de interacción térmica. - El movimiento de los átomos y moléculas está relacionado con el calor o energía térmica. (+ calor \rightarrow + velocidad) - Se degrada (energía degradada), no se puede recuperar toda la energía utilizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Está relacionada con la energía cinética. (vibraciones o movimientos de las partículas del sistema). - propiedad física referente a las nociones de calor o aumento del calor. - la temperatura es una propiedad intensiva, no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente, y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que está compuesto. - Se mide con termómetros (diversas escalas) y en grados. - Mide si dos o más sistemas están, o no en equilibrio térmico.

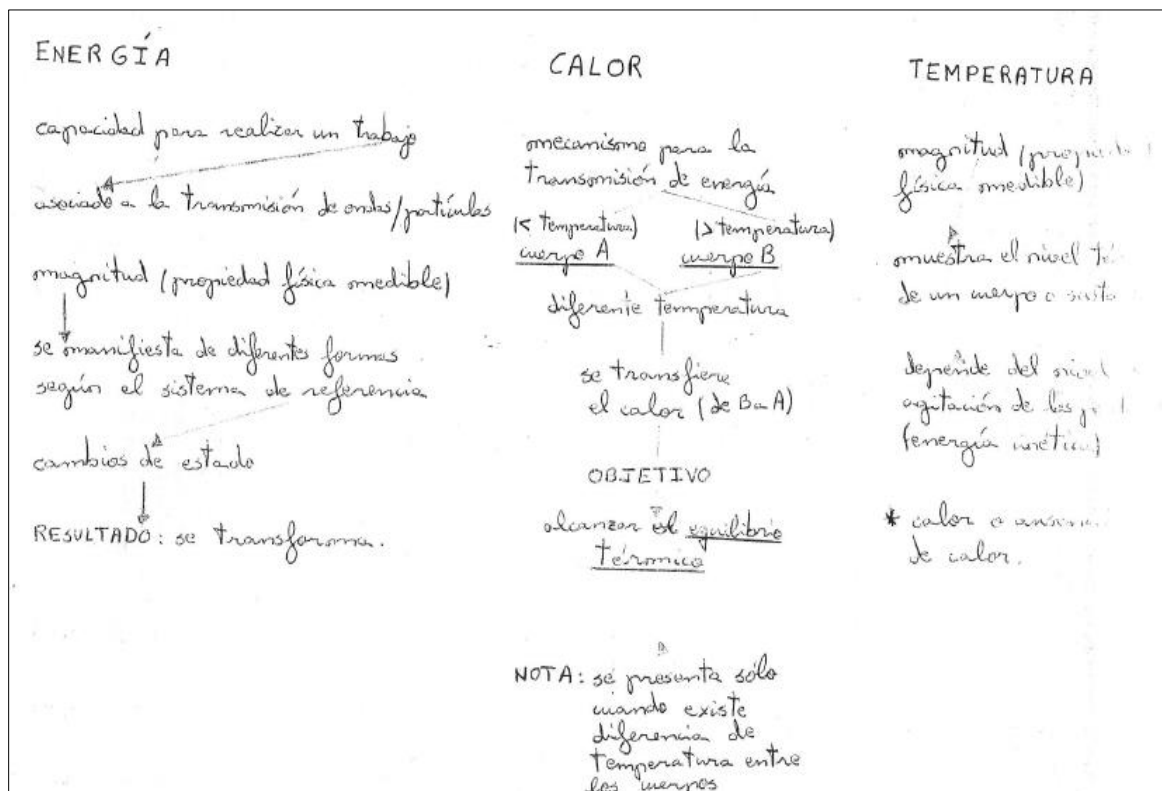
En este resumen, sobre la energía, vemos que no la define conceptualmente, en cambio, empieza por describir sus características: *'se transfiere, se transforma, se almacena ... , se conserva, se degrada* y cuando indica que la energía *se transporta en forma de combustible* está expresando su idea de que la energía es materia. Al citar los tipos de energía, se advierte que confunde las formas de energía con sus fuentes (en particular, cuando mezcla las dos formas con las energías renovables y no renovables).

Sobre calor, al comienzo indica que este *no tiene magnitud* y también parece que confunde calor con temperatura. También expresa que el calor *está en los cuerpos*, con lo que se aprecia que no advierte que calor es un proceso que sirve para transferir energía y, sin embargo, sí que expresa que deben haber por lo menos dos sistemas y que *los sistemas han de estar a temperaturas diferentes*, estas ideas dispares es usual encontrarlas en estudiantes de diferentes niveles, seguramente producto de consultar en diferentes fuentes, unas correctamente explicadas y otras no y también producto de la

enseñanza que igualmente, unas veces aborda conceptos correctamente explicados y otras no.

También vemos como presenta la preconcepción explícita de que *calor es la energía calorífica*. Y, más concretamente, lo asocia con la velocidad (es decir, con la E_c), además, señala que el calor se degrada como también lo hace la energía. Vemos pues un conjunto amplio de ideas erróneas, preconcepciones típicas y sobre todo confusión respecto al concepto de calor. Sobre la temperatura, señala correctamente que está relacionada con la E_c del sistema y que se mide con el termómetro; sin embargo, reconoce también que es una propiedad que sólo se asocia con la noción de calor o *aumento del calor*, lo que nos muestra que, en línea con lo que entiende por calor, confunde calor con temperatura.

Resumen de María:



En el resumen de María, vemos como es parcialmente correcta la definición de energía como capacidad de realizar trabajo, sin embargo, en vez de asociarla a la transmisión de ondas/partículas debería ser asociada al movimiento (E_c) y/o configuración (E_p) de los sistemas ya que es otro asunto el hecho de que pueda ser transferida/transmitida en forma de ondas sonoras, luminosas...o por choques entre partículas, objetos. No queda claro qué quiere decir cuando cita que *hay distintas formas* pues puede que identifique formas con fuentes de energía. Es equívoca la frase “cambios de estado” pues, en este caso, si

son de la energía esta estudiante estaría identificando energía con materia. Lo más probable es que quisiera decir que para realizar un cambio de estado se necesita energía.

Sobre calor, vemos que es correcta la referencia a *mecanismo de transmisión* (más bien, transferencia) *de energía de B a A*, por estar a diferente temperatura. Sobre la temperatura, se presenta la preconcepción de que temperatura es el calor, sin embargo, hace una asociación correcta cuando expresa que *depende del nivel de agitación de las partículas (energía cinética)*, recordemos que lo más usual visto en la bibliografía es asociar la temperatura con la velocidad de las partículas más no con la energía cinética de un conjunto de las mismas.

Resumen de Almudena:

TEMPERATURA

Es un indicador de la cantidad de energía de un cuerpo.

A mayor temperatura → mayor energía
A menor temperatura → menor energía

La temperatura es una característica de los cuerpos como la masa (Kg), el volumen (espacio que ocupa un cuerpo), la altura de las personas (m).

CALOR

Energía que se transfiere de cuerpos calientes a cuerpos fríos cuando se ponen en contacto.

El calor depende de tres factores

- 1 Temperatura que se encuentra en el cuerpo.
- 2 Masa del cuerpo.
- 3 Tipo de sustancia que es.

Ejemplos:

- 1) Si queremos calentar hasta 50°C dos cuerpos y uno se encuentra a 48°C y el otro a 15°C, el cuerpo que se encuentra a 48°C llegará antes a 50°C que el que se encuentra a 15°C porque necesita más tiempo para llegar a 50°C al estar a menor temperatura.
- 2) Si tenemos un cazo con 1 litro de agua y una cazuela con 25 l de agua y los ponemos al fuego, necesitaremos más tiempo para calentar el agua del cazo que la del cazo. Cuando el agua del cazo hierve, ya no la cazuela se habrá calentado un poco.
- 3) Si ponemos en el fuego 500 g de agua y 500 g de hierro, podremos ver como la temperatura del hierro aumenta mucho más rápido que la de agua, ya que los dos tienen diferente naturaleza.

Asociacion
 Cometas

ENERGÍA

- Concepto abstracto (que no se puede ver ni tocar), que utiliza la ciencia para explicar los cambios que se producen en la naturaleza.
- Un cuerpo tiene energía cuando es capaz de generar algún cambio, alguna transformación. (x ej. mover una mesa, la gasolina tiene energía y hace posible que un coche se desplace...)
- Hay muchos tipos de energía i esta se manifiesta cuando pasa de un cuerpo a otro.

↓

Por eso, nosotras nos centraremos en la energía en forma de CALOR.

En este resumen, vemos como es correcto concebir la energía como un concepto abstracto frente al error muy frecuente de que energía es material (Trumper, 1997), también es acertada la idea de que genera cambios y sirve para explicarlos. No obstante, se presenta explícitamente la preconcepción de que el calor es una forma de energía y que existen *muchos tipos de energía*. Respecto al calor, a parte de la preconcepción ya mencionada, cuando expresa que *el calor depende de 3 factores y uno de estos es la temperatura* hay que advertir que esta dependencia no es de temperatura como tal, sino de su variación. Si bien hay que advertir que el objetivo del párrafo anterior es la manera de medir empíricamente el calor recibido o desprendido por un cuerpo cuando aumenta o disminuye su temperatura. Sobre la definición que plantea de temperatura es totalmente correcta, ya que está relacionada con la Ec.

Decir además, que de estos esquemas, resúmenes y el diálogo establecido en la tutoría 1, en primer lugar, podemos ver que todas las integrantes no sólo buscaron información acerca de los dos conceptos elegidos para la secuencia didáctica, también consultaron acerca del concepto de Energía, al preguntarles la razón de ello, María explica: *“pues a ver...estábamos consultando individualmente –eso no cambió en ningún momento- pero le dije a Esther que siempre aparecía la palabra energía relacionada y, en ocasiones me liaba más”*...interviene Esther: *“sí, lo hablamos porque me pasaba igual”*...interviene de nuevo María:...*“lo hablamos todas y decidimos que también habría que revisar ese concepto”*. Almudena interviene: *“sí, era necesario... ¿no? ...aunque a mí personalmente me ha causado más dudas... ¿sabes? ... espero poder aclararlas”*.

Dado que, tanto el concepto de calor y el de temperatura, utilizan en algún momento el concepto de energía (independientemente de que la fuente consultada sea correcta desde el punto de vista científico o no) es interesante notar como las estudiantes del equipo muestran preocupación por ir más allá de lo solicitado e intentan también clarificar dicho concepto para entenderlo en relación con el calor y la temperatura. Sin embargo, como se ha mostrado en amplia bibliografía, es en sí mismo, un concepto que también presenta bastantes ideas previas o preconcepciones que se refuerzan en la etapa escolar producto de ideas erróneas presentadas en los libros de texto o la misma enseñanza.

Por ejemplo, Solbes y Tarín (1998) muestran que entre las dificultades existentes para la enseñanza del concepto de energía se tienen: controversia sobre la conveniencia de introducir el concepto de *trabajo* antes que el de *energía* o viceversa; confusión entre trabajo y esfuerzo; considerar sólo uno de los factores que intervienen en el trabajo olvidando el otro; identificar trabajo y energía; asignar un cierto carácter material a la energía a modo de sustancia cuasi-material (Duit, 1987; Solomon, 1985), asociarla al movimiento, los procesos o la actividad (Solomon, 1983); considerar que la energía puede gastarse (Kesidou y Duit, 1993) o almacenarse (Solomon, 1985), dado que el lenguaje cotidiano está impregnado de expresiones como “consumo de energía”, “crisis energética”, “ahorrar energía”, etc.

O confundir las formas de energía con sus fuentes (Solomon, 1985; Nunes, 2003); atribuir la energía potencial al cuerpo y no a la interacción entre los cuerpos (Solbes y Tarín, 1998); ignorar la variación de la energía interna (van Huls y van den Berg, 1993) y finalmente, no mostrar el principio de conservación de la energía como un principio de toda la física (Solbes y Tarín, 2004). Como se puede apreciar en los resúmenes realizados por las estudiantes (basados en su consulta en libros de texto e internet), las ideas erróneas e ideas previas presentadas, coinciden con la bibliografía presentada anteriormente.

Esther y Clara encuentran que la energía se puede transportar, *por ejemplo, en forma de combustible* y almacenar *en pilas, baterías* (como presenta Clara). Almudena expresa que *un cuerpo tiene energía cuando es capaz de generar algún cambio...por ejemplo: mover una mesa, la gasolina tiene energía porque hace posible que un coche se desplace*. Con lo que vemos como, en efecto, las ideas erróneas mostradas respecto a la energía refuerzan en los estudiantes ideas tales como que la *energía* es una especie de sustancia contenida en ciertos objetos y materiales que se manifiesta únicamente cuando hay algún cambio.

Olvidando por completo que independientemente del estado en que se encuentre la materia y sin necesidad de generar ningún cambio, existe energía interna debido a la vibración de sus partículas. Durante la tutoría precisamente Almudena comenta: *“pero a ver...no entiendo una cosa...entonces ¿las partículas de un sólido están moviéndose? ...no se mueve (se refiere al objeto sólido) ...”* así pues, se olvidan tanto en los libros de texto como en la enseñanza las interpretaciones nanoscópicas relacionadas con la energía y sólo se suelen utilizar ejemplos a nivel macroscópico.

Otro de los errores comunes es el referente a los tipos de energía, como se menciona en las diferentes investigaciones mostradas arriba, a los estudiantes, incluso los mayores, no se les aclara que no es lo mismo fuentes de energía que tipos de energía. Tanto Esther como Clara y Almudena mencionan que se *encuentra en diferentes formas*, Esther no menciona cuáles, pero al preguntarle durante la tutoría responde que sólo son dos: *potencial y cinética, la primera debida a la posición de las partículas u objetos y la segunda debida al movimiento*. Recordemos que Esther tiene formación en ingeniería y por ello presenta más claridad conceptual respecto algunos contenidos.

Clara menciona: *energía física, cinética, potencial, además de las renovables y las no renovables*, mientras que Almudena encuentra que *existen muchos tipos de energía y esta se manifiesta cuando pasa de un cuerpo a otro...por eso nosotras nos centramos en la energía en forma de calor*. En este último caso, podemos apreciar también uno de los errores reforzados durante la etapa escolar respecto al calor: que es una forma de energía. María por su parte, encuentra *que es la capacidad de realizar un trabajo asociado a la transmisión de ondas o partículas*, confundiendo calor con trabajo que es otro procedimiento de transferir energía entre sistemas y aunque son equivalentes no se consideran idénticos.

Cuando le preguntamos que entendía de esa definición, responde: *“no lo tengo claro...seguro que está mal...pero entiendo que la energía se muestra cuando hay movimientos, se hacen cosas, ocurre algo... ¿sabes lo que te quiero decir?... por ejemplo, los trenes que necesitan energía para moverse y la da la gasolina...jeje...o el combustible que usen, nosotros obtenemos energía de los alimentos...y lo de transmisión de ondas y partículas no sé qué quiere decir”*. Vemos como se sigue presentando únicamente la idea de actividad, movimiento, relacionado con la energía. Sin embargo, pese a las múltiples ideas previas, es de resaltar, que en las aportaciones de Esther sí que expresa la presencia de la energía interna, cuando afirma: *agitación de las partículas* y, la presencia del principio de conservación de la energía.

Dada la formación en ciencias previa de la estudiante durante la tutoría explica que sí que conoce el concepto de *energía interna de las partículas y su relación con la energía cinética y potencial y el principio de conservación de energía porque en los cálculos de física se asumen que la energía total siempre es constante sin importar las transformaciones que haya...como ejemplo para entenderlo siempre nos decían que pensáramos en una montaña rusa, su posición inicial, unas cuantas en el recorrido y la final...con lo que iban cambiando la cinética y potencial pero la total siempre es la misma...¿sabes? (risas)...no sé si me he explicado bien.* Almudena por su parte, menciona que es un concepto abstracto (que no se puede ver ni tocar), que utiliza la ciencia para explicar los cambios que se producen en la naturaleza. Lo cual es muy interesante dado que, por lo menos, plantea una idea más allá de entender la energía como algo quasi-material o una definición que no permita cuestionar diferentes aspectos complejos del concepto.

En segundo lugar, respecto al concepto de calor, vemos como igualmente, por lo menos en el caso de Clara, Almudena y María, se presentan interpretaciones erróneas típicas: a) asumir que es “algo” contenido en los materiales, por ejemplo, en el resumen aportado por Clara, cuando expresa que *el calor está contenido en los cuerpos (sistemas)*. María afirma que es un mecanismo para transferir energía entre cuerpos con diferente temperatura, lo cual es correcto, pero a la vez, pone debajo en su interpretación que se *transfiere calor del cuerpo con mayor temperatura al de menor*, es decir, la idea del calor como algo que se encuentra en un objeto y puede pasarse a otro objeto permanece presente.

b) asumir que es una forma de energía, Clara y Almudena afirman que *el calor es energía, la cual se transfiere (energía calorífica)*, Clara también encuentra que un sinónimo de calor es la *energía térmica*. c) con fundir calor con temperatura, es una de las características que propone Clara para definir el calor, propone que, a mayor calor, más velocidad de los átomos o moléculas. Esther por su parte, aporta ideas correctas desde el punto de vista científico, como mencionamos anteriormente, ella presenta menos ideas erróneas respecto a estos conceptos, posiblemente por la formación recibida en su carrera de ingeniería.

En tercer lugar, respecto al concepto de *temperatura*, ocurre lo mismo que con el concepto de calor, Esther presenta ideas correctas desde el punto de vista científico; lo mismo ocurre con Almudena, que señala que es *un indicador de la cantidad de energía de un cuerpo*, así mismo indica que es una propiedad de todos los cuerpos, aunque ella lo menciona como *característica de los cuerpos, como la masa, el volumen, etc.* Clara y María presentan algunas ideas correctas, muy importantes como: *está relacionada con la*

energía cinética (vibraciones o movimientos de las partículas), es una propiedad que no depende del tamaño, de la cantidad o tipo de sustancia del cuerpo o sistema.

Sin embargo, a la vez, hay otras erróneas respecto al concepto, similares a las encontradas en la bibliografía presentada más arriba, por ejemplo: definirla como la medida del calor, entendido como la cantidad de energía de un cuerpo, así pues, las estudiantes afirman que *es una propiedad física referente a las nociones de calor, aumento del calor o ausencia de calor*. Así entonces, durante la tutoría clarificamos que el concepto de *Energía* es complejo a nivel de enseñanza de las ciencias, sin embargo, para nuestro caso particular de interés, necesitamos entenderla en virtud de:

- El término Energía Interna de un sistema material es el resultado de la contribución, entre otras, de: a) energía cinética de las moléculas o átomos que constituyen la materia y que le permite producir cambios al interaccionar aprovechando sus movimientos de traslación, rotación y vibración y, b) la contribución de la energía potencial asociada a las interacciones moleculares presentes en absolutamente toda la materia independientemente del estado en el que se encuentre.
- Cuando dos sistemas interaccionan se puede transferir, transformar y, también, degradar la energía y, en el conjunto de estos procesos, si los sistemas están aislados, se ha de cumplir el principio de conservación de la energía.
- Puede producir transformaciones debido a interacciones entre sistemas o a interacciones entre sus partes, es decir, debidas a la capacidad e la materia para interaccionar de diferentes formas (Arons, 1999; Dómenech et al., 2003).

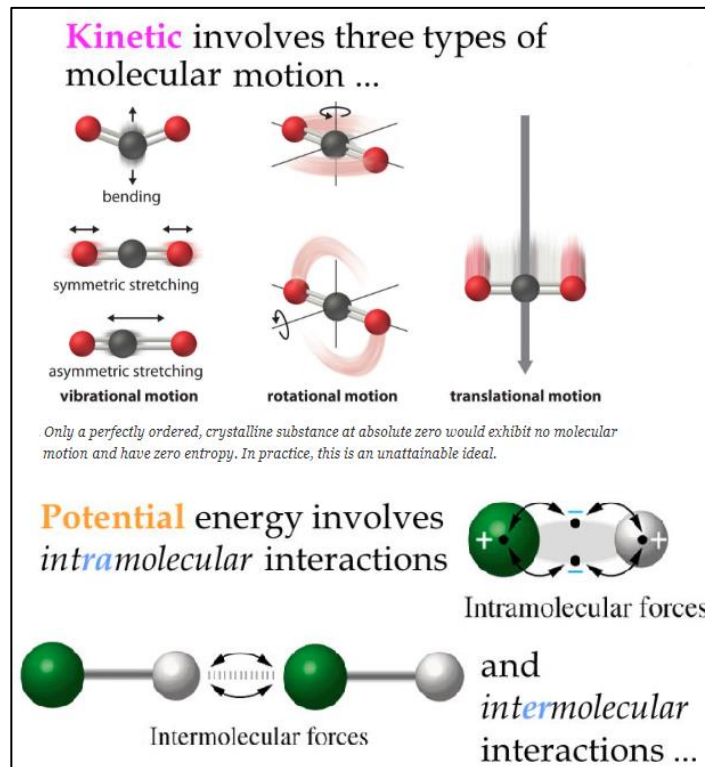
Incluso en el nivel universitario, como en este caso, existen dudas respecto a si todos los materiales, incluso los sólidos, tienen energía, Almudena por ejemplo cuando empezamos a debatir lo que es la energía interna explicaba: *“antes de hacer esta consulta y hablarlo con mis compañeras, no sabía que los átomos de los sólidos también se mueven, antes...no sé...daba por hecho que si (el sólido) está sin moverse sus átomos tampoco se mueven...no lo di nunca en clase, vamos...es verdad esa idea que tenemos desde niños de relacionar la energía con movimientos, hacer cosas...¿sabes?...entonces no se te ocurre que algo que no se mueva tenga energía”*.

Por ello decidimos empezar por este asunto respecto a la energía interna. Para aclarar pues el concepto nos hemos ayudado de simulaciones gratuitas de Molecular Workbench V3.0⁶² en donde se trabaja en torno al concepto de energía interna, calor y temperatura. En dicha simulación se puede ver material didáctico para entender el concepto de energía

62. Disponible en <http://mw.concord.org/modeler/>, la simulación específica se puede encontrar en el apartado heat and temperatura: <http://mw.concord.org/public/part2/heat/page8.cml>. Consultada por última vez en junio de 2016.

interna debida a la aportación de energía potencial y energía cinética (ver figura 23), de modo que las estudiantes en primera instancia, pudieran discutir y de cierta manera visualizar el comportamiento de las moléculas a nivel nanoscópico y trabajar las ideas respecto a los tipos de movimiento que presentan las partículas independientemente del estado en el que se encuentran.

Figura 23: Simulación para trabajar el concepto de energía interna



Una vez aclarada la aportación de la energía cinética y potencial componentes de la Energía interna hemos decidido discutir y aclarar sobre diferencias entre tipos de energía y fuentes de energía ya que María preguntaba: *“entonces ¿la energía interna es lo que se conoce como energía química? Porque la verdad cuando empecé a buscar sobre tipos de energía, la mayoría de las veces me aparecía energía química, calórica, incluso solar y también cinética y potencial...me lía un poco...”*

Esther interviene: *“lo que yo creo...en mi humilde opinión claro...es que los mismos textos o fuentes o no se ponen de acuerdo o directamente están mal... ¿sabes? ...porque antes de hacer la carrera (se refiere a la de ingeniería) también me pasaba lo mismo y recuerdo que fue un profesor de física el que nos dijo que sólo existen dos tipos de energía: la potencial y cinética y todo lo demás son inventos de editoriales para ¡en teoría!, hacer más fácil la comprensión de ciertos conceptos de física, pero creo que lo empeoran y con las fuentes de internet igual. Hay muchos errores... ¿sabes? ... no sabemos de qué podemos fiarnos”*

Almudena: “Es verdad que te lías más que aclararte, recuerdo que en mis clases de ESO el libro hablaba de tipos de energía y nombrara unas cuantas, solar, eléctrica, eólica...no sé... y se me quedó eso, ahora al revisar otro tipo de libros y hablarlo aquí, cambia bastante”. Como vemos, en efecto sucede a las estudiantes lo mismo que en estudios mostrados más arriba, las fuentes bibliográficas tienden a reforzar concepciones erróneas respecto a la confusión entre fuentes de energía y tipos o formas de energía, que, como es natural, se hace necesario discutir en espacios que permitan a los futuros maestros(as) manifestar tanto dudas como ideas previas para así poder partir de ideas científicas claras que contribuyan a que en sus planificaciones de aula los niños y niñas no sigan reforzando concepciones erróneas.

Además, es justo en los dos últimos cursos de educación primaria donde se muestra en la mayoría de libros de texto, un capítulo o sección denominado *tipos de energía* donde se menciona *la energía térmica, energía nuclear, energía eléctrica, energía eólica, energía química, etc.* Asunto que, como mencionamos arriba es uno de los errores típicos encontrados en los libros de texto de educación primaria y que es imprescindible que los maestros(as) en formación discutan. Por otra parte, la simulación también nos permitía experimentar con los valores de aumento de la energía interna debidos a transferencia de energía por contacto con otros cuerpos o sistemas *más calientes* (como en la figura 24).

Está claro que no es la única forma de aumentar la energía interna de un cuerpo, también existen las producidas por radiaciones electromagnéticas, reacciones químicas, etc. pero consideramos excesivo también tratar estos aspectos, dado que el nivel de complejidad aumenta y es necesario primero clarificar los conocimientos contemplados en el currículo de educación primaria, antes de profundizar en otros aspectos.

Por ello, tampoco hemos considerado pertinente profundizar en otros aspectos como la relación trabajo-energía, dado que no vienen al caso que nos ocupa y, como se discutió más arriba, el concepto de *energía*, es en sí mismo un tema no sólo para una secuencia didáctica sino para trabajar a lo largo de varias etapas escolares. Con lo que nos hemos centrado en la clarificación del concepto de energía interna para poder posteriormente vincularlo a las discusiones de las ideas previas respecto a los conceptos de calor y temperatura.

Figura 24: Simulación para trabajar el concepto de energía interna

Heat and Temperature: An Energy View of Heating - Molecular Workbench V3.0

Archivo Editar Insertar Vista Opción Señalador Espacio Web Ventana Ayuda

http://mw.concord.org/public/part2/heat/page8.cml

Heat and Temperature: An Energy View

When you heat a substance, what actually happens at the atomic scale is not just the rise of temperature (that is, atoms move faster). There are other important changes caused by heat, such as thermal expansion and phase change. These are all related to the change in the internal energy of the substance.

The following diagram shows what happens when you add energy to atoms. As you move the mouse over the diagram certain terms can be clicked on. When the mouse arrow looks like a hand click on the term and a definition will pop up.

```

    graph TD
      A[Add energy to atoms with...] --> B[Internal energy increases]
      C[contact with something hotter.] --> B
      D[Electromagnetic radiation (light, microwaves, ...)] --> B
      E[Other (impact, friction, chemical reaction)] --> B
      B --> F((Splits))
      F --> G[Kinetic Energy]
      F --> H[Potential Energy]
      G --> I[Atoms move faster]
      H --> J[Atoms move apart]
  
```

The energy of atoms is in the form of...

Appears at the atomic level as...

The following model shows how the average kinetic energy and potential energy changes when we heat or cool the solid (the lattice of gray atoms). The graph on the right shows the average kinetic energy (red line) and the average potential energy (blue line) of the solid. The potential energy of the solid includes the bond energy and the van der Waals energy.

What to do: Hit the "Heat" or "Cool" button and observe what happens to the graph on the right. Meanwhile, pay attention to how the volume of the solid expands (note that the original surface is marked by the dotted line).

Energy per atom (eV) vs Time (fs) graph showing kinetic energy (red line) and potential energy (blue line) increasing over time.

Model snapshot Run Stop Reset Graph snapshot

(Note: the thermal expansion in this model is exaggerated. In reality, it is much smaller.)

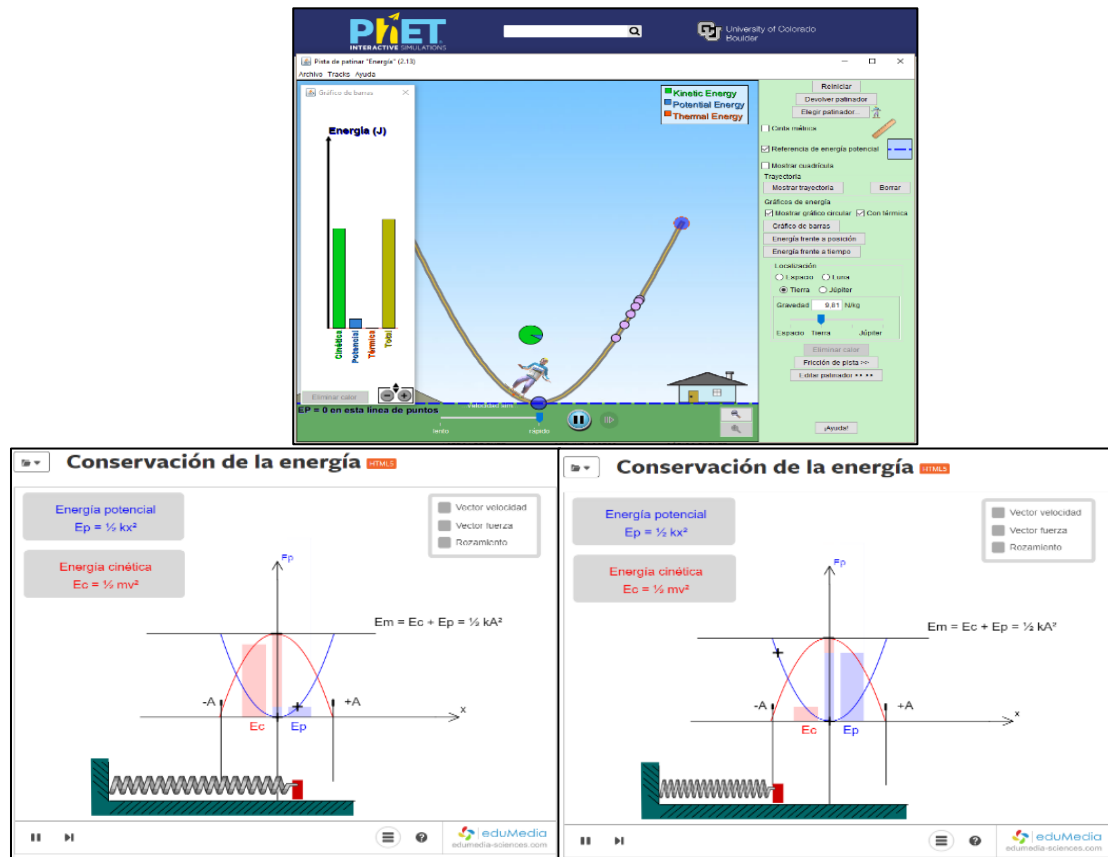
This model shows that a solid responds to heat input by increasing its volume, which is **thermal expansion** (note 1), in addition to temperature rise.

Gracias a otras herramientas de simulación gratuita⁶³ (ver figura 25), también pudimos trabajar la idea referente a la conservación de la energía. En las mismas pudimos observar de forma gráfica frente a un movimiento como se relaciona la energía cinética y cinética y potencial para así mantener constante la energía total. Almudena expresaba: “hace muchos años...sería en ESO, o así... cuando nos hablaron de la conservación de la energía no entendía lo que significaba, sabes?... te aprendes: no se crea ni se destruye, sólo se transforma, pero ya está, ahora me queda un poco más claro. Sin embargo, hay

63. <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/energy-skate-park> , <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/595-conservacion-de-la-energia> revisados por última vez en octubre de 2014.

algo que no entiendo, cuando hacemos actividad física, en algún momento te quedas sin energía para seguir... ¿sabes? ...se acaba en algún momento la energía disponible no?, entonces ¿se conserva o no?

Figura 25: Simulaciones para trabajar la idea del principio de conservación de energía



Vemos como la estudiante pone de relieve un aspecto muy interesante respecto al principio de conservación, sobre todo a nivel didáctico, es difícil lograr hacer comprender a los estudiantes como la energía total del universo efectivamente se conserva y esta es la primera ley de la termodinámica. Pero se degrada a medida que transcurre el tiempo y esta es la segunda ley de la termodinámica. A grosso modo, por ejemplo, vemos que el chico del patinete no durará infinitamente en movimiento, dado que en el proceso no sólo está involucrada la energía cinética y potencial sino además el rozamiento con el material por el que se desliza y con el aire. Una cosa es la energía total del universo, cosa que se conserva. Otra cosa es la energía disponible (o “energía útil” para generar movimiento).

Es decir, para que una cierta cantidad de energía sea “aprovechable” o “esté disponible” para realizar movimiento (trabajo) necesitamos conocer un proceso termodinámico por el cual la entropía de esa porción de materia o sistema físico pueda aumentar. Por ejemplo, cuando un cuerpo pierde energía por rozamiento, la energía cinética del cuerpo acaba en forma de transferencia de energía hacia las partículas de los cuerpos con los que roza o

friccionan. La energía está ahí, pero no conocemos un proceso por el cual podamos hacer que esos cuerpos aumenten aún más su entropía al tiempo que usamos la energía contenida en ellos. En ese sentido la energía no es “aprovechable” o “útil”, por más que esté ahí conservada.

Otro ejemplo, es cuando tienes un cuerpo *más caliente* (a mayor temperatura) que otro puedes obtener una energía útil de esa pareja, es lo que se llama una máquina térmica, tomas energía de la fuente *más caliente*, pasas una parte de ella en forma de calor a la fuente *fría* (a menor temperatura) y la conviertes en trabajo útil. Pero a medida que eso ocurre, la fuente *caliente* se va *enfriando* y la *fría* se va *calentando*, al final quedan a la misma temperatura y no puedes seguir obteniendo energía útil (realizar más trabajo). La energía no se perdió, está ahí, convertida en vibración, rotación, etc. de las partículas, sólo pasó del cuerpo *caliente* al *frío*, pero se ha perdido potencialidad de seguir obteniendo trabajo útil. En el lenguaje de la termodinámica se dice que ha aumentado la entropía del conjunto de los dos cuerpos.

Finalmente, otra actividad que nos permitió trabajar el principio de conservación consistió en la realización de un experimento sencillo⁶⁴ en el que dábamos a las chicas del equipo primero unas pelotas de goma a cada una para que la dejara caer al suelo, se aprecia el rebote normal y discutíamos sobre la relación energía cinética-potencial y la “*pérdida*” (que como indicábamos antes, no se trata de pérdida de energía si no de transferencia de la misma a las partículas del aire y el suelo) de energía hasta que se detienen. A continuación, les dimos una varilla que tenía tres pelotas, dos de goma grandes y una pequeña, montamos el sistema de la siguiente figura:

Figura 26: Sistema utilizado para experimento sobre principio de conservación de energía



Les preguntamos: ¿qué creéis que pasará cuando dejemos caer el conjunto igual que con las pelotas individuales? Clara comenta: “*creo que lo mismo, botaran un poco y luego*

64. En este vídeo se muestra la elaboración y explicación del experimento. La fuente del experimento se puede encontrar en: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?GUID=123.456.789.000&ID=136717> revisado por última vez en octubre del 2014.

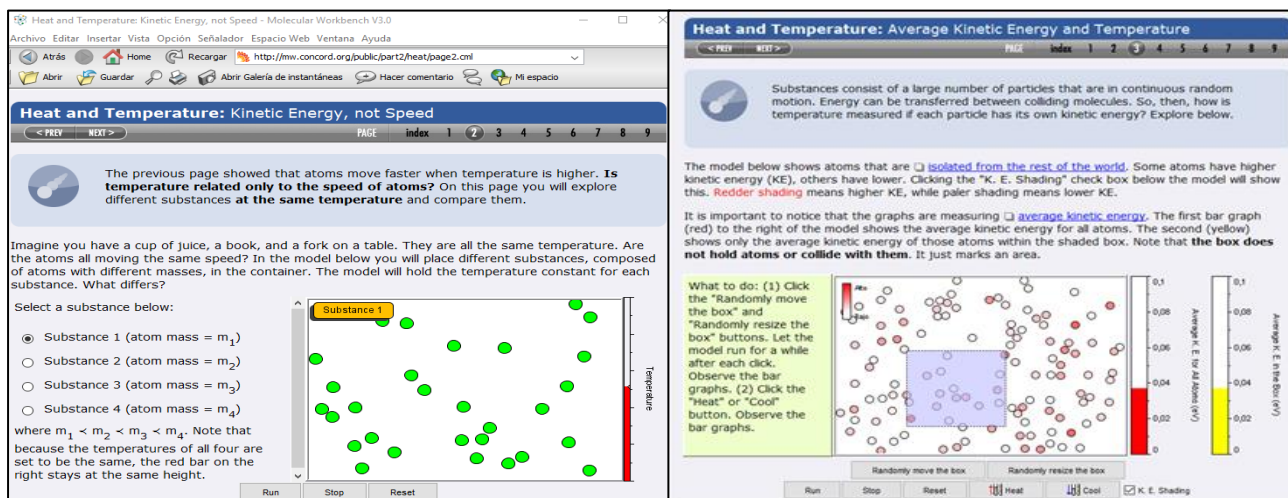
pararan”, María y Almudena opinan igual, con la aclaración de María de que *la pelota pequeña se saldrá de la varilla antes que las otras*. Esther sugiere que *no pasará lo mismo porque al haber más masa habrá más energía potencial acumulada y de algún modo se convertirá en energía cinética*. Después de soltar el conjunto, se podía apreciar como la energía potencial (debida a la altura) se convierte, cuando llega el sistema al suelo, en energía cinética que se transfiere a la pelota más pequeña y por eso sale despedida hacia arriba llegando a una altura mucho mayor de la que fue lanzada, lo que también es una demostración del principio de conservación de la energía.

Después de la actividad, Clara expresa: *“No imaginaría nunca que fuera a pasar eso...le ha dado con fuerza al techo...(risas)... entonces ¿ocurre por lo que dice Esther? María interviene: “ahora lo pilló, tiene sentido, si decimos que la energía total se conserva, la potencial por la altura se debe convertir en cinética en algún momento ¿no?... Me ha gustado mucho, de normal no se dan estas cosas en el instituto...creo que también sería interesante para los niños”*

Como se puede apreciar, tanto la experiencia práctica como las simulaciones nos han permitido trabajar con las integrantes del equipo para aclarar nociones respecto a los tipos de energía y el concepto de energía interna. Después de esto, empezamos a trabajar con los conceptos de Calor y Temperatura.

Para aclarar estos conceptos, también nos hemos ayudado de simulaciones gratuitas online de Molecular Workbench V3.0⁶⁵ en las cuales las estudiantes podían relacionar la variación de la E_c con el concepto de temperatura (ver figura 27).

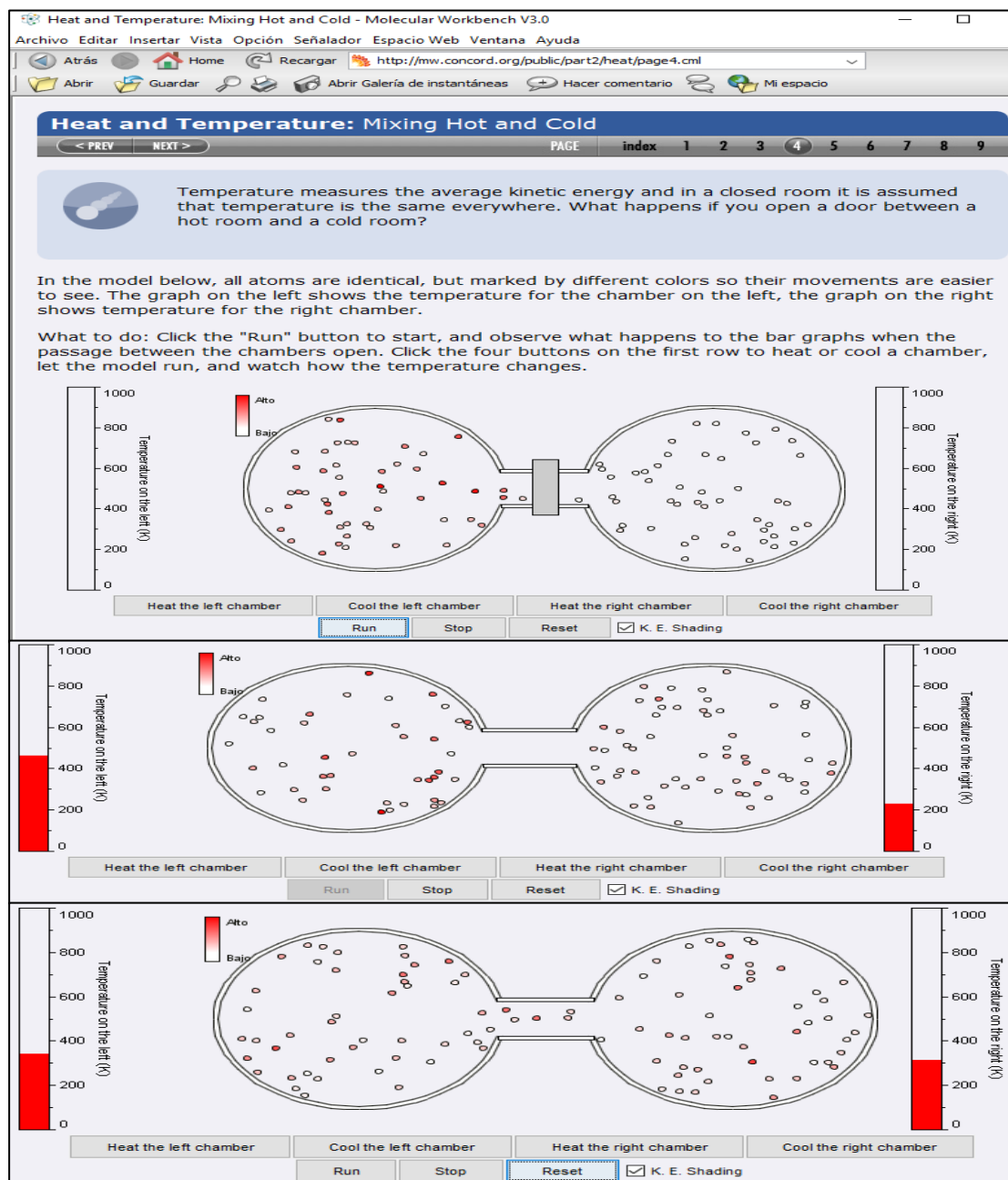
Figura 27: Simulaciones para trabajar la idea de temperatura y su relación con la E_c .



65. Disponible en <http://mw.concord.org/modeler/>, la simulación específica se puede encontrar en el apartado heat and temperatura: <http://mw.concord.org/public/part2/heat/page3.cml> y <http://mw.concord.org/public/part2/heat/page3.cml>. Consultada por última vez en octubre de 2014.

Así mismo, la simulación también nos permitía trabajar el concepto de *Calor* dado que permitía cambiar valores de temperatura y E_c de dos sistemas a temperatura diferente y observar cuando se llega a la temperatura de equilibrio térmico (ver figura 28). Así, pudimos aclarar la idea equivocada que se encuentra en la mayoría de textos en la cual se habla del calor como *un tipo de energía*. Clara durante la discusión aporta: “ya ves, asumimos que los libros de texto y las fuentes de internet son correctas y te das cuenta que no”. Esther: “yo creía lo mismo antes de que un profesor de la universidad nos lo aclaró...creo que por eso es tan importante tener estas charlas ¿no? ...evitamos inducir tantos errores en los niños... ¿sabes?”

Figura 28: Simulación para trabajar la idea de calor.



María aporta: “ya veo porque nos insistíais en hacer todas estas consultas previas antes de plantear una actividad específica, la importancia de discutir los temas antes de llevar al aula una actividad, pese a que implica muchísimo tiempo extra... ¿sabes? ...jajaja...no es una tarea fácil, a veces te supera ¿sabes?... pero ahora empiezo a comprender su importancia”. Como vemos, los espacios de tutoría que, en efecto, implican un trabajo extra enorme tanto para los estudiantes como para los tutores, son de gran relevancia y contribuyen a que los equipos puedan diseñar de forma adecuada sus secuencias.

Al final de la tutoría se discutió sobre la relevancia que encuentran ellos como futuros maestros de enseñar estas ideas científicas, sus respuestas en general están de acuerdo con: *“son temas que tienen utilidad en la vida cotidiana, por ejemplo, en la cocina donde se pueden comprobar visualmente estos fenómenos, también destacan en el ámbito coloquial donde expresiones como “cierra la ventana que se va el calor” se deben entender como una pérdida de temperatura, no de calor”* Otra idea que también aportan las estudiantes es: *“es bueno que los alumnos sepan diferenciar conceptos y no se queden por defecto con las ideas alternativas, es importante iniciarles en el pensamiento abstracto, así como ampliar su capacidad de analizar fenómenos de su entorno y que eso les ayude a comprender el medio ambiente”*.

Como se puede apreciar, son justificaciones inclinadas al contexto de los niños, lo cual es un logro importante ya que evidencia su interés por ir más allá de una enseñanza basada en la memorización de conceptos y definiciones. Al final de esta tutoría el equipo concreta qué ideas científicas definitivamente iban a considerar como base para desarrollar su secuencia didáctica, llegando al siguiente acuerdo:

- Todos los objetos y/o materiales tanto sólidos, líquidos y gases tienen energía, la cual permite que esas partículas se muevan y vibren.
- La temperatura se relaciona con el aumento o disminución de la energía que tienen las partículas que conforman la materia.
- Se puede medir la temperatura por medio de instrumentos que, de acuerdo a sus características, pueden detectar cambios en la energía promedio que tiene un objeto o material y por ello, medir su temperatura.
- El calor es un proceso que implica la transferencia de energía del cuerpo o sistema material que tiene mayor temperatura al que tiene menor temperatura, donde finalmente se llega a un equilibrio térmico (los cuerpos tienen la misma temperatura).

5.3 RESULTADOS DE LAS INTEGRANTES DEL EQUIPO 2 RESPECTO A CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS

Según el marco teórico planteado, es también muy importante conocer cuáles son las ideas de nuestros estudiantes con respecto a la metodología científica, dado que la indagación como modelo de enseñanza-aprendizaje asume el entender la enseñanza de las ciencias como algo que va más allá de la implementación de actividades experimentales esporádicas, salidas de campo aisladas o, la enseñanza de las ciencias más allá de la mera memorización de datos y fórmulas.

Por ello, era imprescindible conocer las ideas previas de los estudiantes del equipo con respecto a la metodología científica, ya que son un punto de partida para iniciar cualquier proceso de formación docente y las mismas influyen sobre sus concepciones respecto a cómo enseñar (Porlán, 1994; Porlán, et al., 1997, 1998; Furió, 1995). Así pues, mostraremos los resultados de las estudiantes del equipo respecto a sus ideas espontáneas sobre la metodología científica en el apartado 5.3.1, los resultados respecto a sus ideas previas sobre cómo enseñar los contenidos elegidos en el apartado 5.3.2 y, en el apartado 5.3.3, los resultados de la secuencia diseñada después del trabajo realizado durante el cuatrimestre.

5.3.1 ¿Qué ideas espontáneas presentan las integrantes del equipo 2 con respecto a la metodología científica?

Recordamos que en el cuestionario C-1 las preguntas 2 a 4 se propusieron con el objetivo de que los estudiantes identificaran y explicaran aspectos clave de la metodología científica como lo son: identificación y planteamiento de un problema, identificación y planteamiento de una hipótesis como solución al problema. Por otra parte, la pregunta 5 se propuso con el objetivo de conocer sus ideas sobre lo que es un experimento. Finalmente, otro aspecto resaltado por la epistemología científica contemporánea es la clara distinción entre evidencia empírica y explicación teórica, para lo cual hemos utilizado la pregunta 7 del cuestionario C-1. Así pues, los resultados obtenidos por los integrantes de éste equipo son los siguientes:

Con respecto a sus ideas sobre qué harían para abordar una situación problemática, planteada en la pregunta 2 (averiguar el tiempo que tarda el ritmo cardiaco en volver a la normalidad después de hacer ejercicio), en las cuatro integrantes se evidencia un desconocimiento importante en torno a lo que es la metodología científica. Ninguna de ellas establece una hipótesis como punto de partida, tres de las integrantes (Esther, María

y Almudena) establecen un procedimiento que atienda a un control de una sola variable (tomar el pulso antes y compararlo después de hacer uno o varios tipos de ejercicios diferentes), pero no tienen en cuenta la influencia de otras variables importantes como la edad, estado de salud, tipo de ejercicio, etc.

Tampoco mencionan la necesidad de repetir las condiciones para verificar los datos obtenidos la primera vez y a partir de allí emitir algún tipo conclusión. En el caso de Clara, habla de medir la frecuencia cardíaca con diferentes instrumentos, algunos más precisos que otros y, monitorear continuamente el corazón, sin embargo, la estudiante no establece ningún procedimiento claro o variables a tener en cuenta para realizar dichas mediciones, es decir se ha centrado en la descripción de los posibles instrumentos más que en el procedimiento que seguiría para resolver la situación de interés.

En cuanto a las preguntas 3 y 4 de C-1, en las cuales se plantea una situación problemática histórica y a partir de allí, identificar tanto la hipótesis como el problema. Esther, María y Clara identifican, con claridad, la hipótesis y el problema. De hecho, definen de forma clara lo que entienden por hipótesis, veamos:

Esther:

- A. observación
- B. hipótesis
- C. generalización
- D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

La observación es que alrededor del mundo no crecen bacterias, lo ve.

La frase es la hipótesis, lo que ella piensa y a partir de allí va a investigar si es cierto o no.

4.1. ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Que la viruela no fuera una enfermedad terrible y letal.
Encontrar una vacuna contra esta enfermedad infecciosa.

4.2. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

La idea y método que se practicaba en Turquía.

Abrir la piel de una persona sana e infectar dicha herida con el pus de un enfermo leve de viruela, así esta persona la viruela de manera leve y ya no se enfermaría de manera letal.

María:

- A. observación
- B. hipótesis
- C. generalización
- D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Podría tratarse de una hipótesis en cuanto no se ha comprobado, fehacientemente, que la sustancia producida por el moho mata las bacterias.

4.1. ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Que la viruela, enfermedad terrible en Europa, llegara a ser más leve a través del método/~~para mitigarla~~ empleado en Oriente para mitigarla.

4.2. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

La observación metodológica en el ámbito médico.

Clara:

- A. observación
- B. hipótesis
- C. generalización
- D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Es una hipótesis porque es lo que formula Fleming al ver que el moho puede ser el causante de la bacteria sustancia que mata a las bacterias. Puede ser que no sea cierto, o tal vez sí, es una suposición de algo que puede ser posible.

4.1. ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Una cura o vacuna a la enfermedad de la viruela.

4.2. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

Que si infectaba o transmitía la viruela a alguien que aún no lo había tenido, su cuerpo crearía las defensas y la vacuna necesaria para que su sistema inmunitario hiciera frente a la enfermedad que se convertía en una enfermedad leve.

Sin embargo, como ocurrió con el equipo 1, no deja de ser interesante que planteen una justificación acertada respecto a lo que es una hipótesis, puedan identificarla a partir de una situación dada, pero no sepan plantear y tomar las mismas como punto de partida ante el problema de la pregunta 2.

Almudena, considera en la pregunta 3 que el enunciado hace referencia a una observación y en su justificación se aprecia la confusión entre datos reales obtenidos “observables” y posibles explicaciones de los fenómenos, vemos también como para ella observación es sinónimo de hipótesis:

- A. observación
- B. hipótesis
- C. generalización
- D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Observación porque es la primera que ha experimentado después de ver el resultado. Esta observación le servirá como hipótesis para su investigación.

En la pregunta 4, presenta dificultades en extraer a partir de unos postulados la hipótesis, de hecho, la justificación del apartado 4.2 la desvía hacia otras cuestiones. Sin embargo, el problema sí que lo identifica con claridad:

4.1. ¿Qué problema intentaba resolver Mary Montagu? (Pregunta tomada de PISA)

Que la gente se curara de la enfermedad de la viruela.

4.2. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba? (Pregunta tomada de PISA)

Que una persona podía demostrar a la sociedad que había investigado sin ser científica por el bien de todos.

Con respecto a lo que entienden por experimento y su papel dentro de la actividad científica (pregunta 5), sus respuestas son variadas, Esther afirma que “es un proceso en el que se pretende observar de manera práctica la hipótesis, para así verificar o falsar esta. Tiene las siguientes características: verificar o falsar, manipular, obtener resultados”; María opina: “un experimento es el preludio de un posible proyecto que se basa en llevar a cabo diferentes pruebas o comprobaciones para observar su resultado y comprobar si se puede tratar de una verdad comprobable en el ámbito científico”; Almudena plantea:

“es poner a prueba algo, descubrir, es una forma de investigar manipulando aparatos y fórmulas para así llegar a una o varias hipótesis”. Clara no responde.

Como se puede apreciar, María y Clara ven el experimento como un método de comprobación o verificación de ideas. Ninguna respuesta incluye el entendimiento de un experimento como una reproducción de un fenómeno natural, en condiciones controladas, que permite medir unas variables, aunque de las tres estudiantes que han respondido, la que más acertada se presenta es Esther, dado que plantea el hecho de que el experimento permite falsar a verificar una hipótesis (con lo que muestra con claridad que la hipótesis es previa a la realización de cualquier experimento).

Tampoco indican explícitamente que es una parte de una investigación más global y compleja, por el contrario, María explica que entiende el experimento como una fase anterior a una investigación. Así mismo, vemos como para Almudena el experimento es previo a la realización de hipótesis. Estos planteamientos evidencian, por lo menos en María y Almudena una visión empiro-inductivista de la actividad científica, así como una visión poco clara de la metodología científica, como también ocurre en trabajos como los de Murcia y Schibeci (1999) donde también se muestra que los futuros maestros tienen una comprensión ingenua y poco clara de la metodología científica, siendo constantes las referencias al “descubrimiento de la verdad”.

En la pregunta 7, que centra la atención en diferenciar entre fenómenos reales y explicaciones teóricas que describen los fenómenos encontramos las siguientes clasificaciones:

Esther:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
Calentar Volumen del gas temperatura de éste presión del gas.	velocidad de las partículas distancia entre partículas éstas chocan

Clara:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
- Calentar - Presión del gas	- éstas chocan - temperatura de éste - velocidad de las partículas - volumen del gas - distancia entre las partículas

Almudena:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
<ul style="list-style-type: none">• calentar• volumen del gas• la distancia entre las partículas• presión del gas.	<ul style="list-style-type: none">• velocidad de las partículas.• temperatura de este• éstas chocan

María:

Fenómenos Reales	Explicaciones teóricas que se describen
<ul style="list-style-type: none">calentarvelocidad de las partículaslas partículas chocanaumento de la presión del gas	<ul style="list-style-type: none">volumen gasaumento de la temperatura.

Como se ve, las cuatro estudiantes presentan dificultades para distinguir los hechos o procesos (fenómenos “reales”) de las ideas científicas (bien sean ideas o bien explicaciones basadas en ideas científicas). De las cuatro estudiantes, Esther y Clara son las que presentan menos confusión, dado que sólo opinan que el concepto de “presión” (en el caso de Clara) y, los conceptos de “presión” y “temperatura” (en el caso de Esther) corresponden a fenómenos reales.

Estos dos conceptos pueden presentar confusión con facilidad ya que el efecto de la presión de un gas lo podemos observar fácilmente en una olla a presión, o un globo que no paramos de hinchar y explota, lo que a simple vista puede identificarse como fenómeno observable. El concepto de temperatura igualmente, puede percibirse como algo real dado que la temperatura se puede medir cotidianamente con facilidad (dato observable), y muchas personas pueden confundir la unidad de medida con el fenómeno en sí mismo, de hecho, como se ha visto en los estudios presentados anteriormente y, las mismas ideas previas de algunos miembros del equipo, su definición de temperatura utiliza la palabra *grados* para definir el fenómeno como tal.

La idea de volumen, como ocurre en el caso de Esther, es comprensible que sea problemática dado que se suele relacionar con el tamaño y la forma, sin embargo, ideas como “distancia entre partículas”, “velocidad de las partículas”, “las partículas chocan” no debería representar dificultad, aun así, vemos como María y Almudena las clasifican como fenómenos reales. Respecto a las justificaciones ofrecidas para dicha clasificación, María no presenta justificación. Esther explica: *“los fenómenos reales son aquellos que podemos*

observar a simple vista, las explicaciones teóricas son aquello que se describe, conceptos, para entender lo que se observa (fenómenos)”,

Clara justifica: “los fenómenos reales son claramente transformadores, es decir, se realiza un cambio. Mientras que todo lo demás explica el proceso (suponemos que hace referencia a lo que ella denomina cambio) que se realiza”, Almudena explica: “no entiendo muy bien las dos clasificaciones. He puesto las palabras de la segunda columna porque he pensado que son explicaciones que se describen en la frase, pero tengo dudas sobre qué es un fenómeno real. Realmente creo que todas las palabras son un fenómeno real”.

En su conjunto, se observa algo de confusión para distinguir “hechos” de “conceptos”, lo que también concuerda con los resultados de algunos integrantes en la pregunta 4 y, con otros estudios donde también se evidencia esta problemática en maestros en formación (Guisasola & Morentin, 2007), bien sea por la dificultad que conlleva entender una idea científica producto del estudio de un fenómeno real, o bien sea porque cotidianamente suelen utilizarse términos científicos, como el concepto Temperatura, para expresar un conjunto de fenómenos relacionados con el clima.

5.3.2 ¿Qué ideas presentan las integrantes del equipo 2 con respecto a cómo enseñar sobre la temperatura y calor?

Una vez se han aclarado dudas respecto a las ideas científicas elegidas como base para su secuencia de aprendizaje, queríamos conocer cuáles son las ideas de los integrantes del equipo con respecto a cómo enseñarían esos contenidos en su clase de ciencias, por ello realizamos la actividad A-6, en la que los integrantes del equipo de forma individual debían realizar un borrador (de ahora en adelante E-2) en donde plantearon qué querían que aprendieran sus estudiantes (objetivos de aprendizaje) y cómo lograrlo (posibles actividades de aprendizaje).

Sólo recordar, que para llegar a este punto, los equipos ya: a) han aclarado y delimitado las ideas científicas que pretendían trabajar en su secuencia, se realizó en la tutoría 1; b) han consultado por su cuenta posibles actividades respecto a su tema; c) han participado en 1 seminario y análisis metacognitivo sobre las visiones deformadas de la ciencia que podemos transmitir los maestros (actividad A-3) y, en otros dos seminarios sobre enfoques metodológicos de enseñanza (actividades A-4, A-5), el primero dirigido a cuestionar y analizar los modelos tradicional y por descubrimiento, el segundo estaba explícitamente dirigido a que trabajaran en torno a la relación entre objetivos de aprendizaje y estrategias (actividades) de aprendizaje. Con lo cual, no parten de cero para




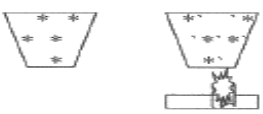

plantear sus ideas sobre cómo enseñarían dichos contenidos científicos elegidos. Así entonces, los E-2 de las integrantes del equipo son:

Clara:

Actividades de aprendizaje	Objetivos de aprendizaje.
<p>1. En un recipiente colocamos agua a una determinada temperatura y la medimos con un termómetro; en otro recipiente colocamos también agua a distinta temperatura del primero, y un recipiente dentro del otro, medimos ambos líquidos y después de pasar unos minutos, volvemos a medir la temperatura del agua para ver cómo se han equilibrado ambas temperaturas por la transmisión de calor del cuerpo más caliente al más frío.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciar los términos calor y temperatura. - Conocer el paso de las partículas de un cuerpo a otro y el por qué. (movimiento). - Aprender el funcionamiento básico del termómetro.
<p>2. Otra actividad interesante es poner en una varilla de hierro como gotas de cera de uncino y con una flama de fuego (mechero, cirio...) ¡¡ quemando solo la punta de la varilla para ver cómo la varilla va adquiriendo el calor en sus partículas y se van cayendo cada gota de cera de dicha varilla, según se va calentando el hierro.</p> <p>3. Imágenes o videos sobre cómo se encuentran las partículas de un cuerpo según su estado (líquido, sólido, gaseoso).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer el paso de las partículas de un cuerpo a otro y el por qué de su calentamiento. (energía). - Conocer y aprender cómo se encuentran las partículas en un cuerpo según su estado. - Relacionar el aprendizaje del video o imágenes con las actividades posteriores.

Actividades de Aprendizaje	Objetivos de Aprendizaje
<p><u>1/ Energía</u></p> <p>a) Tobogán acuático Creación de un tobogán con un tubo de plástico por el cual deslizaremos una canica o balón para que vaya cayendo.</p> <p>b) Caída libre. Un mariposito de fieltro se deslizará por una balsa. con esto se explicará la energía cinética y potencial.</p> <p><u>2/ Aumento del movimiento de partículas al aumentar la temperatura.</u></p> <p>Un vaso con agua con gas y pasas dentro, (las pasas se moverán por el gas), calentaremos el vaso con un mechero especial o una vela. De este modo, aumentará la temperatura del líquido y las partículas de las pasas se moverán más rápido. Se compararán posteriormente la temperatura de el vaso calentado y otro sin calentar.</p>	<p>- Reconocer que todos los cuerpos contienen energía.</p> <p>- Diferenciar temperatura y calor.</p> <p>- Conocer y comprender el movimiento de las partículas cuando aumenta la temperatura y entender dicha temperatura como medida.</p>
<p><u>Transferencia de energía</u></p> <p>Dos recipientes uno con agua caliente y el otro con hielo, (un recipiente dentro del otro) Medimos la temperatura de ambos recipientes y dejamos pasar un tiempo; posteriormente volvemos a medir ambos recipientes. ¿Cuál ha sucedido con la temperatura?</p> <p>También realizaremos una actividad para explicar la energía <u>cinética</u>. Se realizará con un mariposito al que lo daremos cuerda y se mostrará a los alumnos directamente cuando esté en movimiento. (energía cinética)</p>	<p>- Adquirir y utilizar correctamente un utensilio de medida como el termómetro.</p> <p>- Conocer el factor que permite la transferencia de energía entre dos cuerpos a diferente temperatura: el calor.</p> <p>- Interpretar los datos finales correctamente.</p> <p>- Reconocer el tipo de energía: cinética.</p>

Esther:

<p>Act1.Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none">-Reconocer la energía como una propiedad de todos los cuerpos.-Identificar la energía potencial y cinética en diferentes situaciones de los cuerpos. <p>Actividad 1: Diferentes actividades en las que podemos referirnos a los dos tipos de energías a estudiar.</p> <p>1.1 Tobogán(montaña rusa) (-canica o balín- se va cayendo por el mismo)</p>  <p>1.2 Caída libre de un objeto</p>  <p>1.3 pelota (pin pon) -caída libre con rebote.</p>  <p>¿Qué tipo de energía se manifiesta en cada una de las actividades? Se realizarán más preguntas y diálogo profesor-alumno</p> <p>-RECOGER LAS IDEAS</p>
<p>Act2.Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none">-Diferenciar el fenómeno del calor con el concepto de temperatura.-Entender la temperatura como medida y explicación del fenómeno de las partículas en movimiento. <p>Actividad 2:</p> <p>Actividad para visualizar que al aumentar el movimiento de las partículas de un cuerpo la temperatura también aumenta.</p> <p>2.1 Un vaso con agua con gas y unas pasas dentro (estas se moverán), medir la temperatura.</p> <ul style="list-style-type: none">-Poner a calentar el vaso y las partículas se moverán más rápido, medir la temperatura.-Comparar las temperaturas. 
<p>Act3. Obietivos:</p> <ul style="list-style-type: none">-Adquirir la destreza del manejo e interpretación del termómetro-Reconocer el calor como el fenómeno de transferencia de energía entre dos cuerpos a diferentes temperaturas. <p>Actividad 3:</p> <p>Actividad para observar la transferencia de energía de un cuerpo a otro.</p> <p>3.1 Dos recipientes llenos de agua (el grande agua caliente, el pequeño hielos)</p> <ul style="list-style-type: none">-Medir la temperatura de cada uno de ellos.-Dejar pasar un tiempo(el necesario)-Medir de nuevo las temperaturas y comparar para llegar a conclusiones.(¿mismas temperaturas? ¿Por qué?) 

María:

Actividades de aprendizaje	Competencias (objetivos de aprendizaje)
<ul style="list-style-type: none">• Envolver, en una capa de hielo, con un material que conduzca mejor el calor, para que se pueda deshacer antes. Del mismo modo, utilizar un material que no sea tan buen conductor del calor para que tarde más en deshacerse.	<p>- Comprobar cómo actúa el calor, como transmisor de energía, según las características de los materiales.</p>
<ul style="list-style-type: none">• Experimentar cómo se manifiesta la energía química del ser humano a través de una actividad física como puede ser subir y bajar escalas. Establecer la diferencia de temperatura antes y después de esta actividad.	<p>- Comprobar cómo a través del cuerpo se puede experimentar un cambio de temperatura.</p>
<ul style="list-style-type: none">• Mostrar el movimiento de las partículas, según la energía de la cual se encuentren constituidas, a través de bolas pequeñas en un recipiente plano, que se mueven a una velocidad elevada. Del mismo modo, en otro recipiente idéntico tendremos otras bolas pequeñas en movimiento, hipotéticas partículas, pero de forma más lenta. Así pues, este último recipiente, las bolas del mismo, se irán juntando con las del recipiente cuyas "hipotéticas partículas" van a una velocidad más rápida, llegando a equipararse a la velocidad de las partículas del recipiente cuyas partículas se encuentran en un movimiento más lento.	<p>- Asociar el movimiento de partículas según la transmisión del calor entre las mismas. Así pues, según la temperatura se determinará la cantidad de energía de las mismas.</p>

Almudena:

Actividades de aprendizaje	objetivos
<p>1. Tobogán. Se le dará a los alumnos una maqueta con un tubo transparente simulando un tobogán. Dentro tiraremos una canica. Antes de realizar tirar la canica le preguntaremos al alumno que cree que va a pasar</p>	<p>• Reconocer la energía cinética y potencial • formular hipótesis.</p>
<p>2. Introducir agua en un recipiente y en un vaso con agua y hielo. Tomar las temperaturas por separado y esperar 10 minutos para volver a tomar la temperatura.</p>	<p>• Identificar la transferencia de energía de un cuerpo a otro. • Interpretar los datos ^{tomados} del termómetro. • Diferenciar temperatura y calor.</p>
<p>3. Observar imágenes de partículas ^{de objetos} para que vean que todas las objetos están formados por partículas.</p>	<p>• Observar las partículas de los objetos</p>

Lo primero a destacar, es la dificultad que presentan María, Clara y Almudena para establecer objetivos de aprendizaje, pese a que las ideas científicas que querían trabajar en su secuencia ya se habían discutido. Se aprecia ambigüedad y algo de confusión en los términos y expresiones utilizadas para expresar lo que quieren conseguir, por ejemplo: “conocer y comprender el movimiento de las partículas cuando aumenta la temperatura...” “Conocer el paso de las partículas de un cuerpo a otro y el por qué” “conocer el factor que permite la transferencia de energía entre dos cuerpos diferentes...”, planteados por Clara o, “reconocer la energía cinética y potencial”, planteado por Almudena.

También se evidencia confusión entre objetivos generales de la asignatura con objetivos de aprendizaje concretos de un contenido a trabajar, como sucede en el caso de Almudena donde plantea como objetivo de una actividad el plantear hipótesis. Finalmente, también vemos como, pese a haber elegido ya las ideas científicas básicas, la parte concerniente a cómo enseñar sobre la energía que contienen los cuerpos, es problemática, dado que, en el caso de Almudena y Clara, lo quieren trabajar en términos

de energía cinética y potencial pero no en su versión simplificada respecto a la vibración, desplazamiento y posición de las partículas que contienen los objetos, sino más bien en su versión aplicada a dinámica, lo cual es avanzado para trabajar con los niños y niñas de últimos cursos de primaria. Este último también se convierte en otro de los aspectos a trabajar durante las tutorías siguientes.

El segundo aspecto a resaltar son los objetivos y actividades planteados por María, ya que aparte de la dificultad para plantearlos en sí, también se puede apreciar confusión y falta de claridad con respecto al contenido mismo elegido y ya discutido, lo que nos indica que la estudiante sigue presentando ideas previas respecto a los conceptos de calor y temperatura que es necesario abordar durante las tutorías siguientes y antes de la implementación con los niños(as). Por ejemplo, cuando plantea *“asociar el movimiento de las partículas según la transmisión del calor entre las mismas. Así pues, según la temperatura se determinará la cantidad de energía de las mismas”*

vemos como aparte de ser confuso lo que plantea como objetivo, en sus palabras expresa claramente cómo sigue entendiendo el calor como una entidad que puede ser *transmitida de un lugar a otro*. En otro de los objetivos plantea: *“comprobar cómo actúa el calor como transmisor de energía, según las características de los materiales”*, aquí vemos como introduce la idea del calor como una entidad que puede transferir energía, no lo identifica como un proceso y, en la actividad que plantea para este objetivo, habla de *materiales que conducen mejor el calor*, lo que de nuevo vuelve a remarcar la idea previa del calor como entidad que está contenida en los objetos y puede *moverse* de un lugar a otro.

Así mismo, en la última actividad que plantea, vemos como habla de *experimentar cómo se manifiesta la energía química*, lo que nos indica que aún presenta la idea previa de considerar que existen muchos tipos de energía. Igual que ocurre con María (respecto a las ideas previas que persisten), Clara en la primera actividad que plantea, expresa *“...para ver cómo se han equilibrado ambas temperaturas por la transmisión de calor del cuerpo más caliente al más frío”*, en otra de las actividades planteadas escribe *“...para ver como la varilla va adquiriendo el calor en sus partículas...”* vemos como la estudiantes sigue asumiendo el calor como una entidad que puede ser transferida de un lugar u objeto a otro y asumida como tipo de energía.

Como se veía en los trabajos de Erickson y Tiberghien (1989), Hierrezuelo y Molina (1990), Michinel y D'Alessandro (1994), Cervantes et al. (2001), Nunes, 2003 y Solves y Tarín, 2004 no es nada fácil que estudiantes, así sean de niveles universitarios, cambien sus ideas previas respecto a estos conceptos ya que vienen en sus mentes dichas ideas

desde muy temprana edad y, bien sea por la enseñanza o los libros de texto, las ideas erróneas se refuerzan a medida que pasa el tiempo.

El tercer aspecto a resaltar, es la elección de actividades que proponen para abordar las ideas científicas que han elegido. Aunque algunas de las actividades podrían permitir a los niños y niñas trabajar las ideas científicas, la forma en que plantean su implementación denota tanto activismo ingenuo (dado que no se plantea un hilo conductor que guíe el conjunto de actividades y les dé sentido), aprendizaje por descubrimiento (todas tienden a mostrar que por el hecho de que el niño(a) observe algo, puede deducir después el por qué ocurre) y/o de estilo tradicional, dado que se plantean para realizar una comprobación o verificación, nótese, por ejemplo, en una de las actividades que plantea María (para tratar la relación entre agitación de las partículas y energía):

“mostrar el movimiento de las partículas...por medio de bolas pequeñas en un recipiente que se mueven...a continuación en otro recipiente mostrar otras con movimiento más rápido...”, Clara plantea: “en un recipiente colocaremos agua a una determinada temperatura y la mediremos con el termómetro, en otro colocaremos también agua a distinta temperatura del primero...volvemos a medir la temperatura para ver cómo se han equilibrado ambas...” “un muñequito de fieltro se deslizará por una barra, con ello se explicará la energía cinética y potencial”, por su parte, Almudena propone: “observar imágenes de partículas de objetos para que vean que todos los objetos están formados por partículas”.

Estos resultados del primer borrador en realidad son de esperar, como se muestra en varias investigaciones (Weiss et al., 2003; Zabala y Arnau, 2007; Roth, 2014) tanto los maestros en formación, como maestros en activo, bien sea por la falta de seguridad con los contenidos científicos a enseñar, o bien sea, por la falta de una formación universitaria adecuada que permita al maestro(a) en formación trabajar en torno a ideas científicas clave y cómo enseñarlas (Harlen, 2010, 2015), tienden a realizar actividades desligadas unas de otras, sin una estructura clara. En el trabajo de Roth et al. (2006), por ejemplo, se encuentra que los maestros tienden naturalmente a realizar o proponer para los niños y niñas actividades destinadas a clasificar un objeto o conjunto de estos de acuerdo a ciertas características y reproducir u observar fenómenos mencionados anteriormente por el maestro, es decir, para comprobar la teoría.

5.3.3 Presentación y discusión de resultados sobre el modelo de aprendizaje basado en la indagación.

Una vez se han analizado las ideas previas de los integrantes del equipo y, con base en las ideas científicas elegidas desde la tutoría 1, el trabajo que se realiza a partir de este punto se centra en que los integrantes de cada equipo logren apropiarse del modelo de indagación por medio de la participación activa en el diseño y construcción de una secuencia de aprendizaje basada en el mismo. Para ello, según nuestro programa curricular diseñado desde las sesiones 7 a 14 (que corresponden a las actividades A-4 a A-9) y tutorías necesarias (que para este equipo en total fueron 6), nos centramos en la vivencia (por parte de los maestros en formación) del modelo para desarrollar los siguientes aspectos en cada uno de los equipos:

- a) Establecimiento de la situación problemática: ¿Qué es el calor y qué relación tiene con la temperatura? e interés que pueden tener su estudio para los niños y niñas. La importancia de la enseñanza de este tema. Respecto al interés, las estudiantes universitarias explican que: *“en las aulas de primaria, no se debe enseñar a hacer ciencia sino a familiarizarse con habilidades básicas de investigación de la ciencia y las ideas científicas fundamentales, para conseguir que el alumno construya poco a poco su aprendizaje. Así pues, consideramos que trabajar el tema de energía, calor y temperatura es de gran relevancia ya que son conceptos con los que, en nuestro día a día, siempre nos encontramos y es necesario aclararlos científicamente para que los niños tengan menos ideas erróneas al respecto”*
- b) Seleccionar unos objetivos de aprendizaje a lograr con los niños y niñas, basados en las ideas científicas seleccionadas.
- c) Tener en cuenta las ideas previas de los niños y niñas con respecto al contenido a trabajar.
- d) Idear un hilo conductor contextualizado que permita resolver un pequeño problema o situación desconcertante (referente al contenido a desarrollar).
- e) Seleccionar una serie de actividades a plantear en una clase en donde los niños y niñas trabajan según el modelo en pequeños grupos de discusión mediados y moderados por nuestros estudiantes de magisterio,

El aspecto b), como indicamos en el apartado anterior, costó a las integrantes del equipo. Después de las actividades propuestas en el programa de formación (A-5 y A-6) se

evidencia un avance respecto a sus ideas espontáneas iniciales, sin embargo, seguían presentándose problemas de ambigüedad en la redacción de los objetivos, se puede ver sobre todo en el segundo objetivo planteado por el grupo:

OBJETIVOS:

- Diferenciar la temperatura del calor.
- Identificar la energía en los cuerpos.
- Utilizar el termómetro como instrumento de medida e interpretar sus resultados.
- Expresar el calor como fenómeno de transferencia de energía entre cuerpos a diferentes temperaturas.

Una vez aclaradas y explicadas las dudas en la tutoría posterior, los integrantes del equipo logran concretar los siguientes objetivos para su secuencia didáctica (tomados del documento final entregado por el equipo):

Objetivos generales de área planteados en esta propuesta:

- Potenciar el interés por aprender a establecer relaciones entre los elementos de su entorno.
- Ayudar a comprender la realidad del mundo que nos rodea y las transformaciones a las que está sometido.
- Adquirir fundamentos sólidos de la cultura científica.
- Realizar actividades en grupo adoptando un comportamiento responsable, solidario y respetuoso que permita convivir armónicamente en una sociedad.
- Permitir, con preguntas, experiencias, observación, discusión, desarrollar habilidades científicas en los niños.

Objetivos específicos del tema planteado en esta propuesta:

La implementación de esta propuesta tendrá como objetivo que los niños y niñas desarrollen estas capacidades:

- Reconocer que la energía está presente en toda la materia y se manifiesta por medio de la vibración y movimiento de las partículas.
- Recordar los estados de la materia.
- Relacionar el aumento o disminución de la temperatura con la alta o baja energía de las partículas que forman los objetos.
- Emplear y entender el termómetro como medidor de la temperatura.
- Identificar el calor como un fenómeno en el cual se transmite energía de un cuerpo con mayor temperatura a un cuerpo de menor temperatura.

Respecto al aspecto c), las integrantes del equipo (a partir de los artículos facilitados sobre ideas previas con respecto al calor y temperatura⁶⁶) realizan la siguiente justificación y

66. Es importante aclarar que la bibliografía respecto a ideas previas de los niños y niñas sobre el calor y la temperatura, la dimos nosotros al equipo (como hicimos también con todos los demás equipos) para que no tuvieran que realizar trabajo extra buscando bibliografía al respecto. Las referencias bibliográficas que proporcionamos al grupo son: Erickson y Tiberghien (1989) *Calor y Temperatura*. En Driver, R.; Guesne, E. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, 89-136.

encuentran la siguientes ideas previas fundamentales, relacionadas con el contenido seleccionado por ellos (tomado del documento final entregado por el equipo):

Para llevar a cabo un aprendizaje eficaz de la ciencia, el docente debe estudiar las características del sujeto que aprende centrandolo en las concepciones previas, que posee cuando se acerca al aprendizaje formal, es decir, al ámbito específico, del conocimiento científico. Así pues, estas creencias son el resultado de elaboraciones mentales propias que intentan dar respuesta al mundo en el que vive el individuo y a los fenómenos naturales que se llevan a cabo en el mismo.

De hecho, muchos de estos errores conceptuales que suelen tener los niños sobre este tema son: *"la energía es lo que nos da fuerza para hacer footing"*, *"cuando se me acaba la energía estoy muy cansado"*, *"la energía es lo que tienen los motores de los coches para poder arrancar"*, *"el calor es lo que nos da el sol o el fuego"*, *"calor es cuando estamos en verano, suben las temperaturas y todo está más caliente"*, *"cuando acabo de realizar una actividad física, tengo más calor"*, *"la temperatura es cuando tengo 38° de fiebre"*, *"la temperatura es muy baja porque nieva y hace mucho frío"*, *"la temperatura es cuando en invierno me abrigo mucho porque el termómetro marca 10°"*.

En conclusión, podemos comprobar que a la idea de energía se asocia la pérdida de fortaleza para desarrollar una actividad física o mecánica, mientras que la energía hace referencia al movimiento constante de las partículas de los cuerpos estén en reposo o no. Del mismo modo, el calor se entiende como una fuente de energía, así como el responsable del aumento de la temperatura y la sensación de fatiga cuando realmente el calor es la transferencia de energía de un cuerpo con partículas que están en movimiento más rápido a otro cuerpo con partículas que experimentan un movimiento más lento. De igual forma, la temperatura se concibe como una sensación, con una cantidad variable, percibida por los sentidos mientras que la temperatura es un modelo de medida del movimiento de las partículas, relacionada con el movimiento de las mismas; luego, a mayor movimiento de partículas, mayor temperatura.

Los aspectos a) y d), igual que ocurrió con el equipo 1, son los que más costaron al equipo. Una vez se aclararon la importancia de las ideas previas y los objetivos, se discutió en una de las tutorías sobre las propias creencias que compartían ellos mismos con respecto al uso de *"actividades interesantes"* que en verdad no aportan aprendizaje alguno a los niños(as) si no se trabajan adecuadamente en el aula y van más allá de la simple observación para comprobar lo que el maestro ha explicado en la pizarra.

Los miembros del equipo aportan: Esther: *"Con estos temas ha sido particularmente difícil porque como hay tantas ideas previas erróneas, la mayoría de actividades que consideramos en un principio interesantes y adecuadas, no lo eran... llegar a saber cómo lograr que el alumno entendiera los conceptos, el caso de Energía (tema difícil pero posible de enseñar) por ejemplo, fue una tarea difícil, por mucho que pensaba, siempre había algo que no era suficiente para poder llegar a que el alumno lo entendiera, surgían muchas preguntas, ideas alternativas y pre-adquiridas que tenían los alumnos"*

Michinel y D'Alessandro (1994) El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. Enseñanza de las ciencias, 12 (3), 369-380.
Dumrauf y Cordero (2004) *¿Qué cosa es el calor? Interacciones discursivas en una clase de Física*. Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias, 3 (2), 123-147.

(anteriormente también en muchos casos nosotras) y por más que pensábamos no salía. Pero al final con ayuda de las tutorías, esfuerzo y colaboración de todas ha sido posible”.

Clara aporta: *“a veces internet te da demasiadas opciones y te fías y no siempre son las mejores...(risas)...yo he aprendido a buscar mejor, seleccionar mejor... ¿sabes?... las webs y libros que nos disteis te hacen ver que hay que buscar fuentes adecuadas...yo... es que...antes no creía que fuese tan importante”.* María: *“Las mayores dificultades que encontramos ante la elaboración de nuestra unidad didáctica fueron: el exhaustivo análisis realizado para la comprensión de los términos por su elevado nivel de abstracción, así como las concepciones erróneas adquiridas de la vida cotidiana y también por las explicaciones confusas de los docentes, ante la temática, que habíamos recibido previamente en nuestra vida académica.*

Todo esto influye en la selección de actividades y su organización lógica desde este punto de vista innovador. Es decir, la manera de llevar a cabo la manipulación práctica, es decir, las ideas que debíamos desarrollar para poder plantear las actividades de manera eficiente y oportuna para el entendimiento de los alumnos y alumnas”. Durante la tutoría analizábamos conjuntamente las actividades traídas por el equipo y cuando, nosotros como tutores, detectábamos que eran actividades que no tenían un objetivo más que llamar la atención de los niños y niñas, dialogábamos con el equipo respecto a la relevancia de las mismas con respecto a las ideas científicas que ellos mismos habían elegido.

Está claro que, como se menciona en abundante bibliografía (Weiss et al., 2003; Banilower, et al., 2006; Reinsvold y Cochran, 2012), respecto a la enseñanza en Educación Primaria es fácil caer en el activismo ingenuo (*activity for activity's sake*) cuando los objetivos de aprendizaje no están del todo claros o existen problemas de comprensión de los mismos conceptos, lo que termina en una planificación donde el contenido se pierde. Por ello insistíamos en las tutorías en siempre tener claro qué es lo que se quiere lograr. En otra de las tutorías, seguíamos notando que las actividades que planteaban estaban desligadas unas de otras, pensadas para trabajar aisladamente, sin un problema o situación inicial de punto de partida, ni pequeñas cuestiones que guiasen las actividades, es decir, sin un hilo conductor problematizado⁶⁷ que permitiera trabajar los contenidos.

67. Con el término hilo conductor problematizado, nos referimos al planteamiento de un gran problema o situación interesante que pueda explicarse mediante la introducción de un concepto o de varios conceptos relacionados. Este hilo conductor ha de tener sentido para el alumno, ya sea para resolver el problema planteado o abordar la situación de interés y que, a su vez, permite trabajar los contenidos por medio de la resolución de pequeñas cuestiones que implican al estudiante en procesos de reflexión, participación, experimentación y de nuevo reflexión y comunicación tanto de sus ideas (a modo de hipótesis) como de sus posibles conclusiones.

Sin embargo, sí que vale la pena resaltar que, hasta este punto, algunas de las actividades elegidas por el equipo eran actividades que permitían trabajar el contenido (más adelante las mostraremos), lo que nos indica que el análisis y discusiones realizadas en las tutorías anteriores han sido importantes para el equipo y, sobre todo, tenido en cuenta.

Por ello, después de las actividades A-7 a A-9 (parte de nuestro programa de formación) y durante las tutorías posteriores el equipo poco a poco logró estructurar un hilo conductor. Uno de los objetivos de la actividad A-9⁶⁸ era precisamente que los estudiantes de magisterio participaran (como lo haría una niña o niño) en una secuencia de aprendizaje basada en el modelo de indagación y así pudieran vivenciar qué tipo de actividades suelen usarse, cuál es el papel del maestro(a), qué preguntas o cuestiones guían una actividad basada en la indagación, qué momentos o espacios de discusión, síntesis y retroalimentación son necesarios y así, pudieran analizar la estructura general que el modelo plantea. De la actividad 9, los estudiantes de este equipo, al discutir sobre la metodología basada en la indagación identifican las siguientes ventajas y desventajas, documento escrito al que hemos llamado E-3:

Análisis de la Metodología de la Didáctica

1/ **VENTAJAS**

- Planificación inicial
- Planificación de los recursos para no generar material innecesario.
- Que sea en grupo, en el cual se puede llegar a un consenso común.
- Satisfacción al ver el resultado sin seguir un patrón establecido.
- Trabajo en equipo
- Simulación
- Presentación escrita y oral
- Problemas abiertos y trabajo de investigación.

DESVENTAJAS

- Incertidumbre al no actuar mediante ensayo-error.
- Incertidumbre al no conocer los pasos a seguir y su resultado final.

Como vemos, según E-3, las estudiantes identifican algunas características importantes del modelo como: planificación inicial y planificación de los recursos, se refieren a que, al

68. Recordamos que se plantea un problema sobre flotabilidad.

partir de un problema abierto, el trabajo en equipo inicialmente consiste en dialogar y planificar qué hacer para resolver el problema antes de intentar hacer nada con los materiales disponibles. Otras características mencionadas son: trabajo en equipo, trabajar con problemas abiertos y comunicación de resultados cuando afirman: *presentación escrita y oral*, ya que se refieren a que debían comunicar los resultados obtenidos y las conclusiones a las que llegaron después de realizada la actividad. Sin embargo, también identifican como desventajas *“la incertidumbre que se genera al no conocer los pasos a seguir y su resultado final”*.

Lo que nos indica que los maestros(as) en formación, pese a que aún no tienen experiencia en el aula, se inclinan hacia un modelo de enseñanza tradicional en el que las actividades prácticas a realizar funcionan a modo de receta de cocina, que les hacen sentir mayor control del aula, más que al desarrollo de habilidades científicas, que son los que se aconsejan en diferentes informes y estudios centrado en los objetivos de la enseñanza de las ciencias para la Educación Primaria (Metz, 1995, 2004, 2010; PE, 2006; OCDE, 2006a; Rocard et al., 2007; NRC, 2000, NGSS 2013).

Es decir, la mayoría de maestras(os), independientemente de si están en formación o en activo, tienden a este tipo de metodologías tradicionales ya que les ofrece más control o seguridad respecto a los contenidos a enseñar, bien sea porque desconocen ellos mismos a nivel conceptual los contenidos o porque no se les ha brindado herramientas didácticas para enseñarlos. Lo que concuerda con investigaciones como las de Appleton (1992), Appleton y Kindt (1999) en donde se muestra que el futuro maestro siente ansiedad y poca autoconfianza para enseñar ciertos temas de ciencias (electricidad, magnetismo, luz y color, etc).

Y es gracias a sus colegas de más experiencia quienes les aportan ideas, o incluso una planificación a seguir, como algunos poco a poco se animan a enseñar los temas “más complejos”, sin embargo, la ansiedad no desaparece del todo porque sienten temor ante las preguntas que puedan llegar a hacer los estudiantes -y que ellos no puedan responder-, lo que les suele conducir a estructuras rígidas de enseñanza en donde *“puedan tener más control”*. En su estudio, la mayoría de las veces los futuros maestros afirman que su formación en la facultad de magisterio no les ha ayudado al respecto.

Igualmente, trabajos como los Abell y Roth (1992); Stoddart et al. (1993); Harlen (1997); Appleton (2003), García (2003) y Dorph et al. (2011) han encontrado que los maestros de primaria carecen de conocimientos sólidos sobre los contenidos de ciencia necesarios para enseñar ciencias eficazmente, dado que no tienen una buena formación en la disciplina científica y tienen poca formación en didáctica específica de las ciencias. Por lo

que tienen pocas oportunidades para integrar el conocimiento del contenido disciplinar con efectivas formas de enseñanza de las ciencias (Haefner y Zembal-Saul, 2004; Rice, 2005). Otros estudios interesantes como el de Murphy et al. (2007), también concluyen que aunque ha habido algunos avances en el aumento de la confianza de los maestros de primaria en temas científicos, la situación general sigue siendo crítica, ya que los maestros se identifican como *“faltos de confianza y capacidad para enseñar ciencia”*.

De ahí la importancia que sea en las mismas universidades donde deba mejorarse la preparación de los nuevos maestros de primaria ya que existe una clara necesidad de aumentar sus conocimientos científicos, y la formación universitaria debería dirigirse en este sentido, así como también, debería centrarse en aspectos específicos de la enseñanza de las ciencias que suelen ser problemáticos para los maestros. Como indica Martínez-Chico (2013), Martínez-Chico et al. (2014b; 2015) en las aulas de magisterio es en donde el futuro maestro debe poder cuestionar su propio conocimiento y el dominio que tiene del mismo.

En nuestro equipo en particular, las mismas estudiantes durante las tutorías que se realizaron para poder concretar dicho hilo conductor afirman: Esther: *“es un reto planificar este tipo de sesiones, sobre todo porque es la primera vez que hacemos algo así... ¿sabes? Cuesta...y no me había parado a pensar la importancia de las ideas previas, por ejemplo, pero al final es gratificante porque algunos alumnos (se refiere a los niños y niñas del colegio dado que fue en su centro de prácticas donde se realizó la implementación) tenían ganas de saber más cosas y en algún tiempo libre me preguntaban y pude observar que sabían de que hablábamos, que habían cambiado algunas de sus ideas alternativas y eso es gracias a la sesión que hicimos”*.

Almudena comenta: *“no tenía tan claro como ahora que para planificar un tema hay que indagar y documentarse entorno a los conceptos que se quieren enseñar. Si el maestro no tiene claro lo que enseña no podrá realmente conseguir que sus alumnos lo aprendan, tampoco sabía la importancia de conocer las ideas alternativas que tienen los alumnos sobre los conceptos que se tratan y...claro...las de nosotros mismos. Hasta ahora no le había dado la importancia a la formulación de preguntas para que el alumno pueda lograr por sí mismo el conocimiento.*

Como dicen mis compañeras, es un trabajo arduo, pero se ven los resultados. Añadir, que en el periodo de las practicas es donde realmente me di cuenta de la importancia de esta formulación de preguntas ya que, la tutora (se refiere a la maestra titular de su centro de prácticas) cuando los alumnos le preguntaban alguna duda, la tutora les respondía con la respuesta y sin explicación y yo veía en sus caras que daba igual porque no lo

entendían, se quedaban igual, de esta forma, por lo menos pueden experimentar con sus dudas”.

María aporta: “yo creo que es un trabajo arduo pero necesario, porque es una de las estrategias más importantes llevadas a cabo mediante el aprendizaje por indagación y consiste en que el maestro actúe como conductor del aprendizaje, siendo el alumno quién realmente pasa a formar parte activa del aprendizaje, es decir, el protagonista, porque realiza su propio aprendizaje significativo y funcional útil para la vida diaria haciendo hipótesis y experimentando y concluyendo. Obviamente para nosotros como maestras preparar algo así por primera vez no es fácil, sobre todo porque nosotras mismas teníamos muchas ideas previas, pero al final lo logramos y ha sido gratificante.

Aunque sí que es verdad que en el transcurso de la realización de las actividades donde, por los nervios experimentados a la hora de trabajar una clase, es decir, a la hora de “hacer de maestras”, se nos olvidaba realizar alguna parte de experimento en su totalidad como, por ejemplo: acordarnos de pedirle a los niños que midieran las temperaturas del agua “fría y caliente” o dar la posibilidad a todos los componentes del grupo que experimentasen más en el transcurso de las actividades. Esto también fue debido a la concepción de ocupar el tiempo físico oportuno en cada parte de la implementación, es decir, de tener preocupaciones respecto a “las prisas” por ir “bien de tiempo” pero obviando estos pequeños errores...jeje...creo que es una secuencia válida para enseñar estos temas”

Clara aporta: “debo decir que al principio todo esto me superaba un poco y lo llevaba mal, porque planificar y elaborar clases con el fin de motivar e innovar no es fácil...jeje...a veces es agotador...cuesta pensar en las preguntas adecuadas para encontrar sus ideas, el contexto, tener en cuenta mis propias ideas erróneas, como unir todo para que no sea un simple experimento en el que los niños siguen unos pasos. Pero al final, creo que hemos mejorado nuestra visión de las ciencias y la tecnología, muchos de nosotros teníamos visiones distorsionadas en las que no nos dejaba ver cómo es investigar o ver las cosas que pueden aportarnos en el día a día y debo decir que estoy muy satisfecha de esta mejora hacia la educación científica, espero poder aplicar todos los conocimientos de este curso en un futuro”.

Así pues, la secuencia planteada, su hilo conductor y guion de cuestiones planteado por este equipo, a partir de los objetivos ya estipulados (los resultados de la implementación se discutirán en el siguiente apartado) se muestra en el anexo 7. Una vez han finalizado la secuencia y después de que cada equipo ha entregado el documento final, se ha valorado la secuencia antes de la implementación. Como se mencionó en el capítulo 3,

dicha valoración la hemos realizado teniendo en cuenta la matriz de valoración C-3, la cual se basa en una serie de criterios de evaluación propuestos por el equipo de investigación y valorados con una escala tipo Likert de 1 a 3 por dos miembros del equipo de investigación.

Inicialmente la valoración se realiza por separado y a continuación se examinan posibles diferencias en dicha valoración hasta llegar a un acuerdo. De la puesta en común de la matriz de valoración C-3, para el equipo 2 se encuentra lo siguiente (ver tabla 5): la puntuación total obtenida es de 47 de un total posible de 57 (ya que son 19 afirmaciones las que se valoran y multiplican por 3 para obtener el máximo posible), lo que corresponde a una puntuación de 2,47 haciendo la conversión a escala valorativa 1 a 3⁶⁹. Dicha puntuación nos indica que la secuencia diseñada por el equipo 2 es favorable de acuerdo a los indicadores de logro establecidos.

Tabla 5: Cuestionario C-3 de valoración de la secuencia diseñada por el equipo 2

Equipo N°: 2		Integrantes: Esther, María, Almudena, Clara		
CUESTIONES A RESPONDER	INDICADORES DE LOGRO PARA LA SECUENCIA DE APRENDIZAJE DISEÑADA	1	2	3
¿Qué enseñar?	Seleccionan los fenómenos y contenidos básicos de la ciencia que serán el foco de la secuencia.			1
	Plantean un problema contextualizado del entorno del estudiante o situación desconcertante e interesante que sirva de hilo conductor para introducir las ideas científicas básicas que se han		1	
	Justifican la posible importancia de los contenidos científicos seleccionados.		1	
	Proponen actividades que promueven el interés por la cultura científica e intentan salir al paso de visiones deformadas sobre cómo se construye el conocimiento científico.			1
¿Para quién?	Indican con claridad a quien puede ir dirigida la secuencia de aprendizaje (grado o grados de educación primaria).			1
	Reconocen las posibles ideas previas que pueden tener los niños y niñas con respecto a los conceptos a trabajar.			1
¿Qué van a aprender las niñas y niños?	Formulan los objetivos de aprendizaje con claridad, en relación con el hilo conductor pensado y los contenidos seleccionados.		1	
	Identifican qué habilidades de indagación y/o actitudes hacia la ciencia se enfatizarán durante la secuencia.		1	
¿De qué recursos disponemos? ¿Qué otros recursos	Hace uso de material didáctico disponible (TIC, laboratorios, material casero, material reciclable, etc.) y fácil de utilizar tanto para los maestros(as) como para los niños y niñas.			1
	Enuncian de forma clara y concreta los recursos didácticos que se requieren y lugar donde se llevará a cabo cada una de las actividades.			1
Temporalización	Realizan una adecuada estimación del tiempo que se requiere para llevar a cabo las actividades de la secuencia de aprendizaje.	1		
METODOLOGÍA ¿Cómo facilitar el aprendizaje?	Hacen uso de diversas estrategias de aprendizaje haciendo énfasis en la participación de los niños y niñas de modo que puedan expresar funcionalmente sus ideas –sean o no alternativas-, hacer preguntas, generar hipótesis, relacionar variables, comunicar ideas, colaborar en pequeños grupos, sintetizar, manifestar inquietudes, recapitular y concluir.			1
	Las estrategias de aprendizaje seleccionadas permiten efectivamente abordar los objetivos planteados.		1	
	Se describen con claridad las actividades que han de realizar los niños y niñas para que “aprendan-haciendo”			1
	Se describe con claridad el papel del maestro durante cada actividad. Se observa claramente la coherencia entre lo que han de hacer los niños(as) y el maestro.			1
¿Cómo evaluar el aprendizaje de las niñas y niños?	Proponen una organización de los niños y niñas en pequeños equipos para gestionar mejor tanto el trabajo de aula como contribuir al desarrollo de competencias sociales.			1
	Se programa una evaluación continua por medio de la selección de actividades o instrumentos de evaluación acorde con cada una de las actividades de aprendizaje descritas en la metodología.		1	
	Proponen instrumentos de autoevaluación que le permita a los niños y niñas identificar sus logros y dificultades.	1		
	Proponen una actividad final de recapitulación y retroalimentación donde los niños y niñas pueden comunicar por diferentes métodos sus conclusiones, nuevas preguntas que han surgido, inquietudes, logros, etc.			1
19 afirmaciones.		Escala 1-3: 47/19= 2,47		2 12 33

69. Recordamos que para realizar esta conversión se utiliza una fórmula sencilla: PT/NT (donde PT es la puntuación total en la escala y NT es el número de afirmaciones), entonces la puntuación se obtiene en el continuo 1-3.

Para este equipo en particular, según se puede apreciar en la matriz de valoración, al final del proceso realizado, igual que ocurría con el equipo 1, se siguen presentando problemas a la hora de intentar formular unos objetivos de aprendizaje con claridad, pese a que sí que se tenían claros los contenidos que se querían trabajar. Por otra parte, aunque el tiempo estimado que el equipo ha considerado para las actividades no está mal, la actividad A8 no se logró realizar el día de la grabación.

Como ocurre con el equipo 1, también se aprecia que presentan dificultades para proponer posibles estrategias de evaluación del aprendizaje de los niños y niñas; pero como hemos aclarado en capítulos anteriores, es lo que esperábamos, ya que los estudiantes universitarios al estar en su tercer curso universitario, de momento, no han trabajado, en las asignaturas de didáctica, metodologías de evaluación en el aula. Y, por tanto, lo poco que hemos podido adecuar con ellos respecto a este tema hace referencia a instrumentos generales de recogida de ideas de los niños(as), más no un estudio de profundidad de instrumentos de autoevaluación o coevaluación para el trabajo con niños y niñas.

Otro aspecto interesante, hace referencia a la situación problemática planteada en la secuencia, que utiliza como centro de atención el teatrillo y sus personajes para introducir a los niños y niñas en el tema a trabajar. Aunque en las tutorías discutíamos que no es preciso crear entornos fantásticos para trabajar un contenido en las asignaturas de ciencias, los estudiantes de magisterio tienen tendencia a pensar que el trabajo con los niños debe ser así para que resulte divertido, creativo y que puedan disfrutar los niños(as).

De hecho, en su trabajo final entregado justifican: *“La primera parte de la propuesta se basa en la simulación de un teatrillo para niños, **“El Teatro de Pepe”**, una manera de aprender disfrutando. El objetivo es lograr la atención de nuestro público, al mismo tiempo que aprenden sobre el tema a tratar”*. Como se puede ver, es una especie de tendencia a pensar que el juego o entornos divertidos es la única solución en el aula de primaria para que los niños y niñas no se aburran y en *“en verdad aprendan”*, de ahí que su secuencia tenga como hilo conductor dicho entorno fantástico.

5.4 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS NIÑOS Y NIÑAS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA SOBRE CALOR Y TEMPERATURA

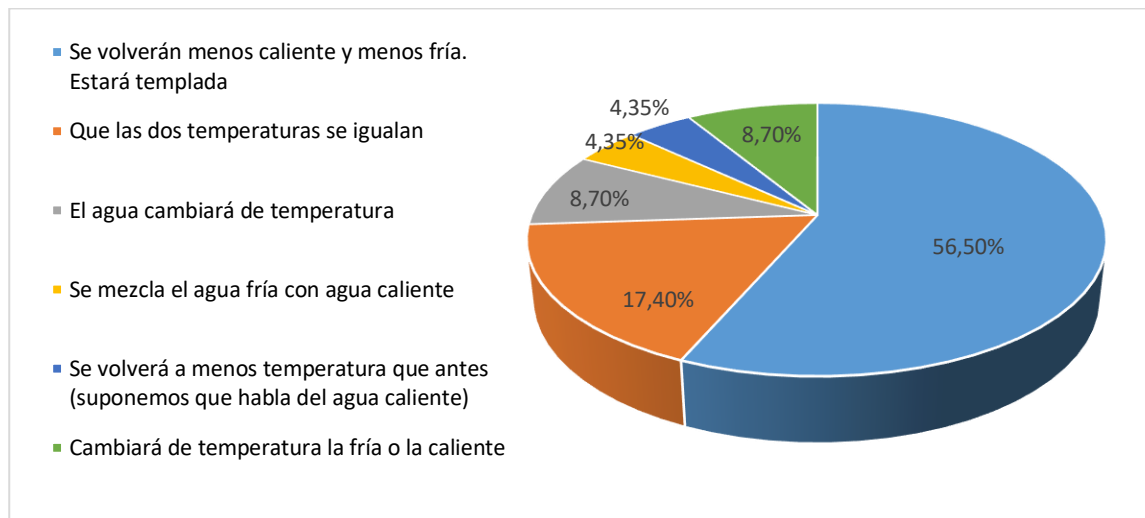
La secuencia se implementó en un colegio en Valencia, el CEIP Campanar (colegio donde hacía las prácticas Esther), a 23 niños y niñas de 6º de Primaria, con edades entre 11 y 12 años; la primera parte de la sesión (la introducción con el teatrillo) se realiza con toda la clase, a continuación para controlar mejor el aula, las estudiantes universitarias organizan a los niños y niñas en equipos de 6 integrantes, y cada una se encargaba de un pequeño grupo, las actividades las iban realizando de forma paralela y coordinada para evitar que unos grupos fueran más adelantados o retrasados que otros. La maestra titular del colegio da absoluta libertad a las practicantes, pero decide quedarse en el aula como observadora.

Para valorar la efectividad de la secuencia, se han utilizado los datos provenientes de la participación de los niños y niñas durante la implementación (argumentaciones, discusiones, dudas y conclusiones que plantean los niños frente a las actividades de la secuencia), dicha participación ha sido grabada (G-4). Además de las grabaciones, otro instrumento de recolección utilizado, es una ficha que los niños rellenan de forma escrita, en la cual se iban recogiendo las conclusiones a las que llegaban después de haber realizado una o varias actividades de la secuencia, lo que, para nosotros, se constituye en otro instrumento importante (cuestionario C-5.2 o ficha de trabajo de los niños) donde se registra su posible aprendizaje. Tanto el cuestionario C-5.2 como los indicadores de valoración para contrastar con estos instrumentos se presentaron en el apartado 3.4.2.8 del capítulo 3.

Recordamos que la secuencia diseñada por el equipo se encuentra detallada en el anexo 7, allí se especifica qué se realiza en cada una de las actividades que se mencionan a continuación:

- Del instrumento C-5.2 la pregunta 1 (¿Qué creéis que pasará después de pasado un buen tiempo?), las respuestas de los niños las hemos agrupado en las afirmaciones de la figura 29 (que se corresponden con las respuestas de los niños, aunque no de forma literal para todas ellas). Recordemos que como se explicó más arriba, es la primera actividad que se realiza por cuestiones prácticas, pero no se analiza sino hasta el final.

Figura 29: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=23) a la pregunta 1.



un ejemplo de diálogo de esta actividad es:

Esther: Tú quieres hacer los honores de utilizar estas herramientas, ¿y tú Carlos? (Da un termómetro a cada niño)

N1: sí

Esther: Mide tu esta que es la caliente y tu mide esa (señala el vaso con agua fría, las estudiantes deciden usar agua fría en vez de hielo) ...y ahora vamos a medir...estos termómetros son diferentes a los que nos tomas la temperatura en casa, pero sirven para lo mismo ¿vale? ¿Veis ese líquido metálico ahí dentro?, unas veces lo veremos bajar y otras subir dependiendo de cómo está el agua.

N2 sube para arriba con lo caliente

N3 si está frío se queda bajo y si está caliente sube ¿no?

Esther: Sí. Funciona así, y tendremos que observar con atención estos números (señala la escala del termómetro) y en dónde se queda quieto, porque esa será la temperatura que tendrá cada una de estas aguas ¿vale?

N1: creo que pone 58

N4: esta 21

Esther: Pues vale apuntar ahí 58 en la caliente y 21 en la fría... ¿Que creéis que va a pasar después de que pase un tiempo con esto? ...Apuntar lo que creéis que pasará de aquí a un rato y luego lo veremos. ¿Qué pensáis que va a pasar? Podéis decirlo en voz alta

N6: se pondrá fría

N2: Yo creo que también se cambia la temperatura

Esther: pero ¿cuál se pondrá fría, la que ya está fría o la caliente?

N3: la caliente

Esther: Vale pues eso apuntalo ¿Y tú qué crees que va pasar?

N4: que cambia la temperatura

Esther: ¿y tú qué crees?

N5: que cambia la temperatura

Esther: ¿de los dos o de uno solo?

N3: de los dos

N5: de la caliente que se pone fría

N1: ¿cambia de temperatura la fría o la caliente?

N6: la fría

N3: la caliente

N4: será la fría

N1: una cosa Esther, vale poner que cambia la temperatura la fría o la caliente...no sé cuál...

N3: yo creo que cambiará la fría y la caliente

Esther: Vale poner todo lo que pensáis. Después ya lo veremos.

N6: Yo creo que la fría porque hay más agua que en la caliente

De la muestra de 23 niñas y niños, hay un máximo de 1 afirmación por niño(a) en esta pregunta, con lo cual se han obtenido 23 respuestas clasificables que se pueden ver en la figura 29. Como se puede ver en esta figura, sus respuestas tienen implícito diferentes niveles de complejidad o niveles inferenciales (Trabasso y Magliano, 1996), a saber: inferencias asociativas (proporcionan información sobre propiedades, atributos y características de objetos y fenómenos), inferencias explicativas (con el objetivo de justificar la presencia de atributos, características y fenómenos) e inferencias predictivas (proporcionan información futura, anticipando hechos).

Para el grupo de niñas y niños que nos ocupa, se aprecia en la figura que la primera, la tercera y la cuarta afirmación apuntan al nivel inferencial básico o asociativo, de sentido común y producto de la experiencia en la vida cotidiana. La segunda, quinta y sexta afirmaciones ya apuntan al nivel explicativo y usando acertadamente un término científico relacionado con el fenómeno, la temperatura, aunque sin explicar el mismo o su implicación en el fenómeno que se está analizado.

Lo cual es comprensible dado que, a este nivel escolar, poco o nada se ha trabajado en las clases de ciencias sobre lo que es la temperatura y los niños y niñas tienen su base de conocimiento respecto a este concepto basándose en su experiencia cotidiana (lo que oyen respecto al clima, respecto a la salud -si se ha “subido la temperatura”-, lo que puedan escuchar en casa en la cocina o sobre sistemas de calefacción, etc.).

Sin embargo, sí que es interesante ver en la afirmación 2 que cuatro niños(as) (17,39%) no sólo utilizan el término científico “temperatura”, sino que además predicen de forma correcta lo que ocurrirá, lo que nos indica que son niños y niñas que van más allá de su experiencia cotidiana para intentar entender el fenómeno y lo asocian a una característica muy importante del mismo, la temperatura. En el caso de las dos últimas afirmaciones, vemos como surgen algunas ideas previas comunes ya descritas en amplia bibliografía, en donde se asocia el fenómeno con que sólo depende del cambio de temperatura de uno de los dos sistemas materiales en contacto, no de los dos en sí.

- Respecto a las actividades A1 hasta A3 (A1 es una charla para dialogar sobre el movimiento de las partículas en los tres estados, A2 con globos mostrar que se hinchan debido al movimiento de las partículas gaseosas que introducimos cuando soplamos, A3 con colorante alimentario y vaso de agua mostrar que las partículas de una gota de colorante al final se desplazan por todo el líquido gracias a su movimiento- Movimiento Browniano-). Un ejemplo de la discusión de equipos se presenta a continuación:

María: vamos a hacer un poco de memoria vale, porque os hemos dicho que tenemos que estar muy atentos. Si hacemos memoria y nos remontamos al principio, ¿cómo se han presentado los personajes?, ¿qué han dicho? Pepe ha dicho: hola yo soy pepe y estoy ...

Todos: compuesto de partículas

María: Muy bien, perfecto.

Almudena: Ya hemos visto que tiene partículas, pero entonces, ¿el banco este tiene partículas?

Algunos: *Siii*

Otros: *Nooo*

N7: Si es de madera sí

María: mmm... ¿sólo si es de madera? Interesante, luego retomaremos eso, ¿vale?

Almudena: vale, entonces vamos ahora a pensar en una pregunta que a Pepe se le ha ocurrido: ¿creéis que las partículas que forman todas las cosas están quietas o moviéndose? por ejemplo el aire que tenemos aquí (mueve las manos de un lado a otro), o el agua dentro de este vaso, o esta mesa ¿creéis que están sus partículas moviéndose?

Algunos: *Sí*

N8: Depende

María: Por aquí dicen depende, de qué dependerá

N8: del estado

Almudena: Voy a preguntarle a Toby. ¿Toby tu qué opinas?

María: Almudena, pero que Toby no habla, si es un perro.

Almudena: (se acerca la marioneta de Toby a la oreja) yo creo que Toby quiere decir que no se mueven las partículas. ¿Quién piensa que se mueven?

Algunos niños levantan la mano

Almudena: ¿Quién piensa que no se mueven?

Otros niños levantan la mano

María: Pues vamos a trabajar en ello. Primero pensaremos en el estado gaseoso, ¿cómo podríamos comprobar que las partículas que forman los gases se mueven? Como el aire, por ejemplo, que es un gas.

N9: Porque a veces hace aire y los árboles se mueven

N10 el ventilador de la clase también nos hace llegar aire.

María: muy bien, un gas con el que siempre estamos en contacto es el aire, y efectivamente se mueve y por tanto sus partículas se mueven. Coger cada uno un globo y vamos a hincharlo, no hace falta que lo hinchéis del todo. ¿qué está pasando con esas partículas de aire que hay allí atrapadas dentro?

N9: que están por todas partes, ocupan todo el espacio. Lo vimos en clase.

N7: la semana pasada lo vimos, ocupan todo el volumen.

María: muy bien, porque ¿qué le pasaría a este globo si las partículas de los gases que hay ahí dentro no se movieran?

N8: *no se hincharía así* (señala con el dedo una forma redonda)

María: exactamente, sería como si lo llenásemos de arena, ¿sabéis lo que quiero decir?

N10: *Sí, se quedaría todo aquí abajo* (pone el globo boca abajo y señala la parte baja)

María: exactamente, entonces, sin importar qué gas sea, recordar que sus partículas siempre se mueven y como vosotros habéis dicho, ocupan todo el espacio. Vamos a ver qué pasa ahora con los líquidos.

N11 que sus partículas están más juntas.

María: Muy bien, pero ¿se moverán? Pensemos en un río, ¿podría correr el agua si las partículas no se movieran?

N12: no, ni podríamos beber coca-locas o zumos.

Algunos ...jajaja...

María: Es gracioso, pero es verdad, si las partículas de los líquidos no se movieran, el agua misma de este vaso no podría hacer esto (mueve agua de un vaso a otro). Pero incluso si dejamos el agua ahí (señala el vaso con agua) sin tocar el vaso, ¿se moverán sus partículas?

N8: Sí... yo creo que sí...

N11: sí porque si la volvemos a mover también se mueve.

N9: sí, pero están más juntas que los gases.

María: exactamente, lo que decís es correcto. Pero ahora tengo una duda, ¿qué será lo que permite que esas partículas estén siempre en movimiento? ¿qué creéis?

N8: *El sol*

N12: no lo sé

María: pensemos en nosotros mismos, también estamos hechos de partículas, cada célula de nuestro cuerpo lo está, eso está claro ¿no?

Todos: Sí

María: y qué es lo que necesitamos para que nuestro cuerpo crezca, podamos jugar y estudiar y hacer todo lo que hacemos

N8: los músculos y lo huesos

N7: oxígeno

N9: Comer

N10: Comida

N11: Yo creo que comer sano

María: muy bien, nos estamos acercando, pero ¿qué es lo que nos dan los alimentos? ¿en qué se transforman dentro de nuestro cuerpo?

N12: proteínas y vitaminas

María: Sí, muy bien, pero hay algo más, que es muy importante para que cada una de nuestras células funcionen y así podamos correr mucho o saltar, movernos en general.

N11: energía

N9: sí, si no comemos no tenemos energía.

María: exactamente, todos los alimentos nos aportan nutrientes que nos dan energía para que el cuerpo funcione. Pues las partículas de aquí (señala el agua y un globo) igual, todas las partículas de todas las cosas se mueven gracias a que tienen qué...

N9 energía, porque si no, estarían como muertas.

En el grupo de Almudena:

Almudena: Vamos a ver qué ocurre con los materiales sólidos, como el ejemplo del banco del teatrillo o como esta mesa, A ver, si nosotros ahora tuviéramos aquí un súper lente, es decir, una lupa muy grande y pudiéramos ampliar la imagen del banco, vale, veríamos unas bolitas, esas bolitas pequeñas, ¿Qué son? La estudiante no usa la experiencia del polvo de color y el vaso, directamente trabaja con el simulador, previo a dejarles trabajar en él, explica de qué se trata.

N7: Partículas,

Almudena. Partículas, muy bien. Y, ¿están quietas las partículas?

Todos: Nooo

N8: Bueno, las del sólido más o menos.

Almudena: Atención, ¿qué dice la compañera?

N9: Que las del sólido más o menos. Porque están muy juntas ¿no?

Almudena: *Y qué le pasa a esta y qué le pasa a esta* (señala un material líquido y otro gaseoso de la simulación)

N7: Que están más dispersadas

Almudena: Y ¿por qué será que están más dispersas?

N10: Por el calor

Almudena: Por el calor dices, muy interesante. ¿Será por el calor?

N11: Porque sube la temperatura.

Almudena: Porque sube la temperatura, interesante. Luego retomaremos esas ideas, que nos van a venir muy bien en los otros experimentos, pero ahora recordemos lo que habíamos dicho antes, las partículas de todas las cosas se mueven porque...

N12 tienen energía

Almudena: Muy bien, darle al sólido otra vez, ¿veis cómo a pesar de estar muy juntas se siguen moviendo?

Todos: sí

Almudena: Aunque nosotros no lo podamos ver a simple vista, en todos, todos los sólidos sus partículas se están moviendo, como veis ahí, pero ¿por qué no podemos ver ese movimiento a simple vista?

N8: porque las partículas son muy, muy, muy pequeñas.

N10: como un grano de arena

Almudena: muchísimo más pequeñas que un grano de arena. Mirar (la estudiante hace un punto diminuto en folio con un lápiz) ¿cuántas partículas creéis que hay en ese punto?

N7: 500

N11: ...mmm...no lo sé, 10000

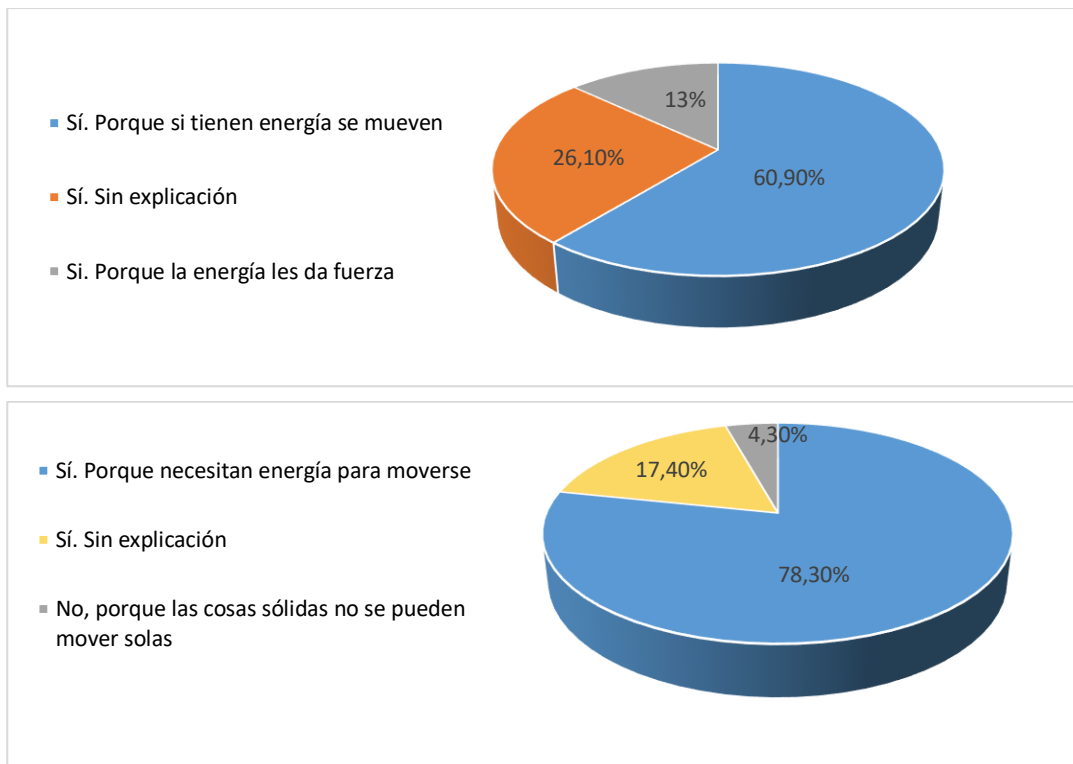
Todos ...jajaja...

Almudena: no es broma, hay miles y miles, hay más de 1.000.000 y todas esas partículas se están moviendo, aunque no lo veamos, como aquí (señala el modelo de sólido en el simulador del ordenador), y ¿pasa lo mismo con esto y esto? (señala varios objetos sólidos).

N8 sí, porque todas las partículas se mueven
 N9 por la energía siempre se mueven
 N12 todas las cosas tienen partículas que van rápido
 N7 y necesitan la energía para moverse

Respecto a la pregunta 2 (... ¿las partículas que forman los gases y los líquidos se mueven? Sí__ No__ ¿Por qué? ...) y 3 (...Y las partículas que forman los sólidos ¿se mueven? Sí__ No__ ¿por qué? ...) de C-5.2, hemos agrupado las afirmaciones de los niños(as) como aparece en la siguiente figura. Se han obtenido 23 respuestas para la pregunta 2 y 23 para la pregunta 3, todas clasificables.

Figura 30: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=23) a la pregunta 2 y 3.



En este caso, tanto para la pregunta 2 como para la 3 se aprecia que la mayoría de los niños y niñas realizan inferencias de tipo explicativo en donde parecen identificar que las partículas de toda materia, independientemente de su estado, necesitan de energía para moverse, aunque ninguno de los niños plantea la relación más energía, más movimiento o a la inversa. Tres de los niños(as) sí que plantean que la energía es lo que da fuerza a las partículas para moverse, las cuestiones respecto a la fuerza no se trabajaron en esta secuencia, sin embargo, seguramente han utilizado este término haciendo una analogía con el cuerpo humano “que necesita fuerzas para moverse” o también podría deberse a que para ellos la energía es lo que da “fuerzas” para desarrollar alguna acción.

En este caso, es una idea previa también mostrada en la bibliografía (Saltiel y Viennot, 1985; Mora y Herrera, 2009) en la que se muestra que alumnos de diferentes niveles identifican que el movimiento se inicia, mantiene o se opone dependiendo de la fuerza aplicada al objeto o por la gravedad y, por tanto, en ausencia de fuerza los objetos tienden a permanecer en reposo.

Respecto a la pregunta 3, uno de los niños(as) identifica que las partículas de los sólidos no se mueven dado que *“no pueden moverse solos”*, en este caso vemos que para el estudiante ha sido imposible extrapolar del mundo macroscópico al nanoscópico, pese a haber trabajado con el simulador, este caso es comprensible, dado que no es fácil entender para los niños como objetos que ven y usan cotidianamente y que no se mueven estén conformados de “algo” que está en constante movimiento.

- Respecto a las actividades A4 y A5 (actividades que se basan en el uso del simulador de partículas para abordar la relación entre E_c y temperatura), un ejemplo del diálogo establecido con los niños y niñas es:

Clara: vamos a dejar los termómetros de momento, los dejamos tranquilos y después ya discutiremos al respecto ¿vale? ahora vamos hablar de otra cosa muy interesante, las partículas que forman los objetos y la energía tienen algo en común y vamos a descubrir qué es eso que tienen en común. Miremos esa imagen (en la pantalla del ordenador se ve una imagen del simulador 1 y Clara explica que son las bolitas blancas y diferentes botones y cuadros de texto donde introducir datos, todo ello, como explicamos en el cuadro 20 para evitar que los niños jueguen sin objetivo alguno) en invierno sentimos ¿frío o calor?

Todos: Frío

Clara: y cuando en la tele escuchamos hablar del clima y las temperaturas ¿qué es lo que dicen en invierno? Es decir, ¿qué temperaturas suelen decir? ¿altas o bajas?

N13 bajas, porque hay nieve en algunas partes y hace frío y eso es temperatura de 1º

N14 mmm...creo que bajas porque en verano siempre dicen que estamos a 30º o más y eso es calor.

N15 *bajas porque el agua está fría como esta* (señala el vaso que inicialmente tenía agua fría)

Clara: muy bien, en invierno las temperaturas son bajas y en verano altas y vamos a ver por qué pasa eso, con ayuda de este simulador que está en el ordenador ¿vale? Pensemos en lo siguiente: ¿cómo creéis que van estar las partículas del aire durante el invierno? ¿quietas? ¿moviéndose muy rápido? ¿muy lento?

N13 yo creo que no se mueven mucho

N14 están quietas seguro

N15 no, yo creo que se mueven, porque siempre se mueven las partículas ¿no?

Clara: se mueven, muy bien, vamos a quedarnos con eso que es muy importante, recordar que ya lo vimos antes, siempre las partículas se están moviendo porque tienen qué...

N16 (y un par más de niños(as)): *energía*

Clara: muy bien, no olvidéis eso porque es importante. En todo el universo, todas las cosas, siempre sus partículas se están moviendo gracias a que tienen, como tu acabas de decir (señala a N16), energía. Entonces en Invierno ¿cómo creéis que será la energía de las partículas? ¿mucho o poca?

N17: yo digo que poca, sí

N14: será poca por eso hace frío

N16: tendrán un poco de energía

Clara: vale, muy bien, ¿y las partículas del aire en invierno? ¿se moverán mucho o poco?

N13: también se mueven, pero poco

Clara: vale, pues ahora vamos a darle al botón y vemos qué pasa durante cada estación, estar muy atentos a las partículas y también a la energía que muestra aquí (señala el cuadro donde va variando la energía en el simulador). Se deja a cada uno de los niños(as) trabajar con el simulador 1.

Clara: vale, ¿qué habéis visto que pasa en invierno con las partículas y la energía?

N15: que las partículas están dispersas y se mueven lento
N13: que van más despacio que en primera y en verano
N17: van muy lento
N14: sí, se mueven poco
Clara: Vale y qué más, ¿qué pasaba con su energía?
N13: poca en invierno y más en verano
N14: *en invierno estaba aquí bajo, por aquí* (señala la parte baja de la gráfica correspondiente a energía en el simulador)
N15: tienen poca energía en invierno.
Clara: muy bien, entonces en invierno tenemos claro que las partículas se mueven poco y tienen poca energía ¿no? y también sabemos que las temperaturas son bajas en invierno. Entonces quiero que veáis que esas tres cosas siempre van juntas: temperatura, energía y movimiento de las partículas. Vamos a practicar ahora con este botón (señala el botón de subir o bajar temperatura del simulador 2) y veremos qué pasa, pero antes, ¿qué creéis que va a marcar este termómetro (del simulador) cuando bajemos la energía de las partículas?
N13: yo creo que será baja temperatura como antes.
N16: como en el dibujo de invierno que se movían poco (las partículas).
N14: la temperatura tiene que bajar
Clara: *Vale, pues practicar.* Se deja a cada uno de los niños(as) trabajar con el simulador 2. *¿Qué ha pasado?*
N17: Si bajo la temperatura, se mueven poco
Clara: ¿Y si la subimos?
N15: se mueven muy rápido
N14: sí, tienen mucha energía ¿no? ...mmm...no sé...
Clara: sí, sí, tranquilo, lo que acabas de decir está muy bien. Entonces, para resumir y que nos quede claro a todos ¿Qué creéis que es la temperatura según lo que habéis trabajado en los ordenadores?
N15: es cuando las partículas se mueven rápido hay mucha temperatura y si se mueven lento hay poca temperatura
N14: la temperatura baja es cuando se mueven poco y la alta cuando se mueven mucho.
Clara: vale, y la energía y la temperatura ¿Cómo se relacionan? Quiero decir si la energía es alta ¿qué pasa con la temperatura?
N13: sube
N14: y si hay poca energía baja (la temperatura)
Clara: muy bien, entonces para resumir podríamos decir que la temperatura es una forma de medir o saber si las partículas tienen mucha energía o poca ¿vale?
N14: mucha energía temperatura alta y poca temperatura baja ¿no?
Clara: Sí, y si os preguntara por el movimiento de las partículas y la temperatura ¿qué me diríais? ...ninguno responde...cuánto más movimiento más qué...
N17: energía
N15: van más rápido y hace más temperatura
N14: si van lento es menor temperatura como en invierno
N16: si van más o menos rápido es primavera
Clara: y eso ¿qué temperatura es?
N16: media
N13: que la temperatura es baja si las partículas se mueven poco y alta si se mueven mucho.
Clara: Muy bien. Entonces este vaso que marcaba 50º de temperatura (señala el vaso con agua caliente de la actividad del principio del todo) ¿qué significa ese 50º? Es decir, ¿qué estaba pasando con sus partículas y su energía?
N13: que las partículas se mueven mucho
N15: se mueven mucho y tienen mucha energía, por eso lo caliente tiene temperatura alta
N14: tienen mucha energía
N16: y si la temperatura es muy alta te quemas
Clara: Sí, te puedes hacer mucho daño, por eso hay que tener mucho cuidado en la cocina con los fuegos y el horno, pero centrámonos en esto ¿vale?, y de este vaso que al principio estaba a 21º ¿qué podrías decirme?
N13: que sus partículas se mueven poco
N14: se mueven más o menos porque poco es como invierno que son 0º o 2º ¿no?
N17: sí, yo pienso que poco es cuando hay menos 10º, como en los polos o así
N15: sí, *se mueven un poco más pero no como en esta* (señala el vaso donde estaba el agua caliente)

Clara: sí, muy bien, en este vaso se mueven mucho y su energía es qué

N15: alta

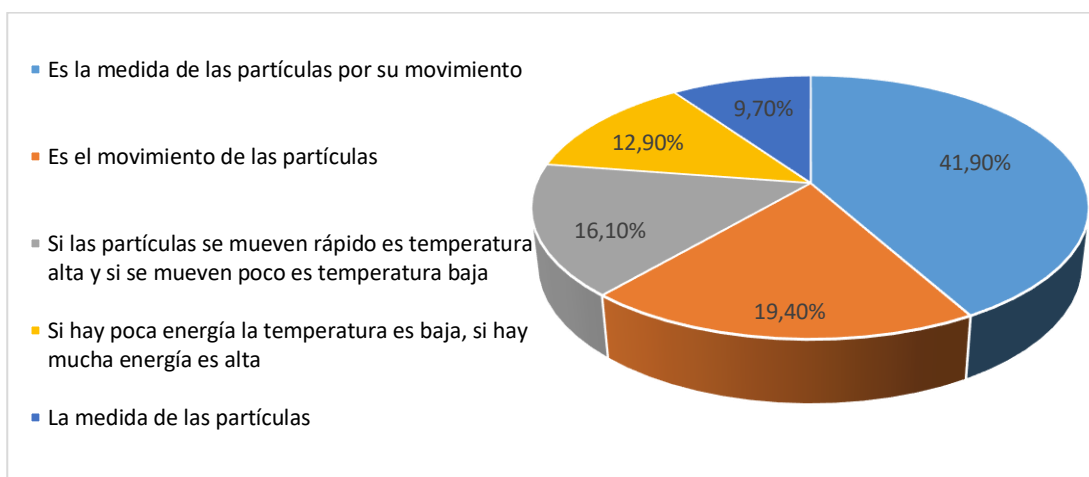
Clara: muy bien, y en este otro ¿qué pasa?

N16 las partículas se mueven medio

N14 y la energía es más baja que en ese (señala el vaso que tenía agua caliente).

Así pues, del diálogo y las respuestas escritas de los niños a la pregunta 4 (¿Qué creéis que es la temperatura?) se han obtenido las afirmaciones que se presentan en la tabla 12. Se ha obtenido un total de 31 respuestas clasificables. Se puede apreciar en la figura 31 que cerca del 70% de sus respuestas apuntan a inferencias de tipo explicativo, vemos como justifican que la temperatura alta se correlaciona con el “*movimiento rápido de las partículas*” o “*mucha energía de las partículas*”. Lo cual es un porcentaje bastante alto y en gran medida se debe a que pudieron visualizar y trabajar con los simuladores este fenómeno.

Figura 31: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=31) a la pregunta 4



Sin embargo, ninguno de los niños y niñas asocia o explica la temperatura en términos de ambas variables: movimiento y energía, se han quedado o bien con una variable o bien con la otra, lo cual es un aspecto a reforzar en futuros trabajos ya que es importante que son variables directamente proporcionales y, por tanto, la temperatura no depende de una sola de ellas.

En la figura también podemos apreciar que un 29,1% (aproximadamente corresponde a 7 niños(as)) identifican que la temperatura es directamente “*el movimiento de las partículas*” o “*la medida de las partículas*”, evidentemente estas interpretaciones son erróneas y también nos indican que ha de trabajarse más el concepto de temperatura con los niños y niñas para que puedan relacionar adecuadamente, por lo menos, la variable: el aumento o disminución de la energía de las partículas con el aumento o disminución de la temperatura.

- Respecto a las actividades A6 y A7 (A6 es la discusión sobre la actividad del inicio del todo, cuando ya se han igualado las temperaturas, A7 trabajar en el simulador a nivel molecular para afianzar el concepto de calor como proceso de transferencia de energía) un ejemplo de diálogo es:

Esther: el que antes estaba frío ahora está en 27 y la que estaba caliente también 27 ¿por qué será? ¿por qué creéis que pasa eso?⁷⁰

N18: como se ha mezclado fría y caliente se ha puesto templada

N19: porque se ha puesto la caliente con la fría y la caliente ha adquirido lo de la fría

N20: o al revés ¿no?

N21 como hay más líquido frío, la caliente ha conseguido su temperatura...se han ido mezclando

N22: se han ido aproximando las temperaturas.

N23: porque las temperaturas se han igualado

N18: como agua caliente con agua se fría se mezclan, pues el agua fría intenta mezclarse y se igualan (se refiere a las temperaturas).

Esther: interesante, pero pensemos en las partículas que hay en los dos recipientes, ¿qué creéis que ha pasado con ellas?

N21: ¿se han movido?

Esther: ¿tú crees que se han movido de un lado a otro estando las dos aguas separadas en vasos diferentes?

N21: no...no sé...

Ester: vamos a pensar en lo siguiente, al inicio esta estaba caliente ¿no?

Todos: sí

Esther: si algo está caliente, sus partículas cómo están, ¿moviéndose mucho o lento?

N19: van lento

N20: no... van rápido porque es alta temperatura

N23: y se mueven mucho, lo vimos antes.

Esther: Sí, muy bien. Van moviéndose muy rápido, y las del agua fría ¿cómo están?

N21: lentas y cuando se mezclan se van moviendo poco a poco a iguales ¿no?

N18: se mueven de un vaso a otro y se igualan

Esther: No, no es que se muevan de un lado a otro, porque mira (señala los vasos de vidrio y golpea el vidrio con la uña) este material, el vidrio, las mantiene separadas, no mezcladas, pero cuando yo hago esto (introduce en vaso pequeño dentro del grande) las partículas del agua caliente que van muy rápido chocan contra el vidrio del vaso pequeño y ¿qué creéis que pasa entonces?

N20: al ponerlo ahí se igualan los movimientos con el tiempo ¿no?

Esther: muy bien. Pensar en esto también, si vamos a una discoteca y hay muchísima gente, vale, bailando y se mueven muy rápido, si viene más gente ¿qué pasa?

N20: habrá poco espacio

N21: y no se pueden mover mucho

N18: y les darán y tienen que moverse poco porque no hay espacio ¿no?

Esther: exactamente, los que iban muy rápido no pueden moverse tan rápido como iban y, al final, tienen que equilibrarse o alguno se haría daño porque el que está al lado le daría un golpe ¿no?

Todos sí.

Esther: Pues con las partículas pasa lo mismo, sin importar si las mezclamos o no, Aquí hay una duda que tiene N20 que es muy interesante, me pregunta: pero si no se juntan ¿cómo es que chocan las partículas? El vidrio del que está hecho este vaso también está hecho de qué...

Todos: de partículas

Esther: muy bien, entonces esas partículas de los sólidos que vimos en el ordenador también están qué...

N21: moviéndose muy juntas porque es sólido

Esther: muy bien. Entonces al final hay partículas en todas partes, siempre, y siempre en movimiento. Pero para qué entendamos qué pasa en realidad aquí (señala los dos recipientes de agua fría y caliente), vamos a trabajar con un simulador en el ordenador, como antes, pero esta vez para centrarnos en este fenómeno y así podréis ver qué es lo que pasa con las partículas y sabremos por qué se han quedado los dos vasos en

70. Seguramente Esther ha iniciado la conversación de otra manera, pero llegué con el cámara justo en ese momento y no tenemos constancia de cómo realizó la introducción para la discusión sobre el concepto de calor.

27º, ¿vale? Igual que con las simulaciones anteriores explica cómo funciona el simulador 3 y la importancia de no ir haciendo click donde no corresponde para que la actividad de verdad cumpla su función.

Esther: Lo primero, veis los dos recipientes redondos ¿no?

Todos: Sí

Esther: vale, como antes, esas bolitas representan las partículas ¿vale? con este botón vamos a darle temperatura alta a uno y al otro baja. Como nuestros vasos, va ponerlo (en la pantalla se ve la imagen 8, que ya mostramos en el apartado 5.1.2) decirme ¿qué veís?

N23: Aquí se mueven muy rápido (señala el recipiente con mayor temperatura) y en el otro lado lento

N21: y estas están rojas (señala el recipiente con mayor temperatura) y las otras sin color.

Esther: correcto y, ¿qué significa que estén unas rojas y las otras sin color o blancas? Lo vimos antes, ¿os acordáis? Cuando discutimos sobre la temperatura.

N19: que en la temperatura alta las partículas se mueven mucho

Esther: y ¿qué más dijimos que había en la temperatura alta y que cambiaba de color: blanco, rosa, más rojizo y luego muy rojo?

N21: la energía

N22: que cuando hay mucha temperatura hay mucha energía

N18: y si las bolitas son blancas es poca energía

Esther: exactamente. Vamos a recordar eso que es muy importante ¿vale? Cuando la temperatura es alta como aquí (señala el recipiente con mayor temperatura en el simulador) la energía es...

N23 (y tres niños(as) más): *mucha, alta*

Esther: *muy bien, ahora vamos a quitar este cuadro de aquí* (señala una especie de barrita que separa a ambos recipientes y que se quita con un click) *estar atentos ¿vale?* Se deja a los niños observar qué ocurre y después de un rato, pregunta: *¿qué ha pasado?*

N18: las blancas ahora son rosa y las rojas también

N22: *van igual ahora, antes no* (suponemos que habla del movimiento de las partículas)

N19: todas van un poco lento

Esther: y ahora mirar la temperatura, ¿qué ha pasado?

N21: es igual

N19: como nuestros vasos, se han equilibrado

Esther: exactamente. Pero ahora vamos a pensar en por qué pasa eso vale, N18 ha dicho algo muy interesante: que ahora todas son del mismo color ¿no?

Todos: sí

Esther: y si todas son del mismo color ¿qué creéis que ha pasado con la energía de las partículas cuando las hemos mezclado?

N22: las que tenían mucha energía se quedaron con menos, porque ahora son rosas

N21: pero las blancas ahora son rosas también, no lo entiendo

Esther: habéis visto que chocaban unas con otras ¿no?

N21 (y un par más): sí

Esther: si no lo habéis visto, lo podéis poner todo otra vez y ahora fijaros con más atención cuando choquen unas con otras. Se vuelve a repetir la simulación y ahora pregunta: ¿qué habéis visto ahora?

N21: se dan unas con otras y van cambiando de color

Esther: exacto, pues esos cambios de color que veis que ocurren cuando se chocan las partículas ocurren porque entre las partículas se están pasando unas a otras algo ¿qué será ese algo? Si rojo es mucha energía y cuando choca con otra pasa a rosa ¿qué será lo que le pasa?

N18: temperatura

Esther: mmm...no...

N22: yo creo que es energía porque es como que se va el color, se va su energía cuando le da a la otra.

N20: yo también digo que es energía porque así todas se quedan rosas que es la misma energía ¿no? están equilibradas

N23: las rojas le dan la energía a las blancas que tienen poca y se equilibran

Esther: muy bien, lo que ocurre tanto aquí como aquí (señala el ordenador y los vasos con agua) es lo que acabáis de decir, ha habido una transferencia, o como decís vosotros: pasar energía de una partícula a otra y eso es precisamente lo que en ciencias se llama Calor: pasar la energía de unas partículas a otras. Pero, ahora vamos a pensar en esto ¿quién pasa la energía a quién? Es decir, ¿las partículas que tienen más energía o las que tienen menos energía? Vosotros ¿qué creéis?

N23: yo creo que las que tienen más pasan a las blancas que no tienen

N18: esas no pueden dar nada porque tienen muy poco y no se volverían rosa

N22: sí que es verdad, las que tienen mucha energía tienen que dar a las otras, pero no dan todo porque al final se ponen todas rosas y se equilibran.

N19: las blancas no tienen fuerza para dar energía

Esther: muy bien, como habéis dicho, siempre la energía va desde las partículas que más tienen energía a las que menos tienen, y a eso se le llama calor. Entonces, con nuestros vasos al final ¿qué ha pasado? Quien me quiere hacer un resumen.

N23: que el agua caliente como tienen más energía las partículas se la pasa al agua fría que tienen menos.

N20: también las que se mueven muy rápido dan su energía a las que van lento y luego se equilibran todas.

Esther: muy bien, perfecto, eso es el Calor ¿vale?

En el grupo de Almudena:

Almudena: es que me estaban diciendo algo muy interesante, díselo, no pasa nada.

N10: es que...por ejemplo, si tú te quemas el dedo y lo metes en agua fría... ¿qué pasa?

Almudena: vosotros ¿qué creéis que pasa?

N11: yo creo que se juntan con las del agua fría y las calma

N12: se equilibran ¿no?

N7: ¿es lo mismo de aquí? (señala los vasos de agua fría y caliente con los que se ha trabajado)

Almudena: sí, en principio es lo mismo.

N10: y si lo sacas te duele otra vez porque no se puede equilibrar con nada ¿no?

Almudena: bueno, con las partículas del aire, pero como esas partículas no están frías entonces qué pasa...

N12: no se equilibran igual, están más o menos como el dedo

Almudena: no se mueven tan rápido como las del dedo, pero tampoco van tan lento como las del agua fría...¿me entendéis?

N11: sí, que tiene que haber mucha diferencia para que no duela.

N8: ¿se pasa la energía de las partículas frías al dedo caliente?

Almudena: ...mmm...pensemos en lo que ha dicho N8, vosotros ¿qué creéis?

N11: sí que se pasa energía...pero...no sé de cuáles a cuáles

Almudena: vale, está claro que hay un paso de energía de un lado a otro. Eso quiero que lo tengamos súper presente, porque es verdad, la energía pasa de unas partículas a otras cuando unas van rápido, como el dedo quemado, y otras van muy lentas, como en el agua fría. Pero ahora pensemos, ¿quién pasa quién esa energía? Pensar en que si algo tiene poca energía ¿puede darla a otro? -ningún niño responde-... imaginar que no coméis durante 2 días, ¿las partículas de vuestro cuerpo tienen mucha energía o poca?

Todos: poca

Almudena: entonces, ¿tendríais energía como para correr mucho al tercer día?

Todos: No

Almudena: pues con las partículas pasa lo mismo, si algo está frío, ¿cómo es su energía?

N11: poca

N8: *muy baja, se mueven poco como aquí* (señala el lado derecho del simulador que es donde están las partículas a baja temperatura)

Almudena: muy bien. Entonces ¿qué partículas son las que tienen más posibilidades de pasar la energía? ¿las que se mueven mucho o las que se mueven poco?

Todos: las que se mueven mucho

Almudena: muy bien. A ver, retomamos para ver si nos ha quedado claro. Todas las partículas tienen...

Algunos: energía.

Otros: se mueven

Almudena: muy bien...jajaja...ambas son verdad, tranquilos. Y en los objetos que están "calientes" ¿cómo están sus partículas?

N10: moviéndose rápido

N8: con mucha energía

N9 sí, con más energía

Almudena: muy bien, y en los que están fríos ¿qué pasa?

N11: se mueven poco

Almudena: muy bien, pero su energía ¿cómo es?

N12: también poca

Almudena: exacto.

N10: Y otra cosa, yo me quemé un día con la plancha vale...jejeje...entonces, mi madre me puso pasta de dientes, ¿hace lo mismo que el agua fría?

Algunos: ...jajaja...

N10: oye, que es verdad.

Almudena: mmm...en verdad...no sirve para nada, pero son tradiciones y mitos que siempre se dicen por ahí ¿sabes?

N10: ahhh...ya decía yo.

Algunos: ...jajaja...

Almudena: Bueno vale, entonces al final de todo esto, quién me quiere decir, en conclusión, ¿qué es el calor?

N12: no sé cómo explicarlo

N7: se pasa el calor al frío

Almudena: mmm...nop...no es muy coherente definir calor con la misma palabra calor... ¿no crees? ...es como si nos preguntasen ¿qué es un pie? y nosotros respondiésemos: un pie es un pie. Esto igual. Más ideas va...que lo acabamos de hablar.

N9: pues que en el agua caliente las partículas están dispersas y moviéndose muy rápido

N8: y en la fría muy lento

Almudena: vale, y qué pasa cuando yo hago esto (introduce el vaso de agua fría dentro del vaso de agua caliente) pasa lo mismo que con el dedito quemado y el agua fría... ¿qué dijimos que pasaba?

N11: qué las partículas se equilibran

Almudena: y qué más

N10: que se pasa la energía

Almudena: muy bien, de quién a quién

N10 pues las partículas de la caliente pasan a la fría...no...pasan la energía

N7: se pegan...ehhh...a ver...quiero decir, se golpean y pasan la energía... ¿no?

Almudena: sí, sí...muy bien. Se transmite en esos choques la energía de las que se mueven más rápido a las que se mueven más lento.

N8: ¿Por eso luego se ponen todas rosas aquí a la misma temperatura?

Almudena: exacto, excelente conclusión. Entonces, ¿qué es el calor?

N8: es la energía que se transmite.

Almudena: muy bien, y de dónde a dónde.

N11: del más caliente al más frío.

Almudena: muy bien. A ver, dame tu mano (coge la mano de un niño al azar), él tiene las manos muy calientes y yo las tengo frías, ¿qué pasa entonces?

N7: que él pasa la energía a tu mano.

N8: te transfiere la energía

Almudena: muy bien. Y entonces tus partículas (pregunta al niño al que le tiene cogida la mano) ¿cómo están moviéndose?

N12: muy rápido

Almudena: *exacto*

N10: y otra cosa, cuándo dos personas están calientes ¿no se transfiere nada?

N11: están a la misma temperatura

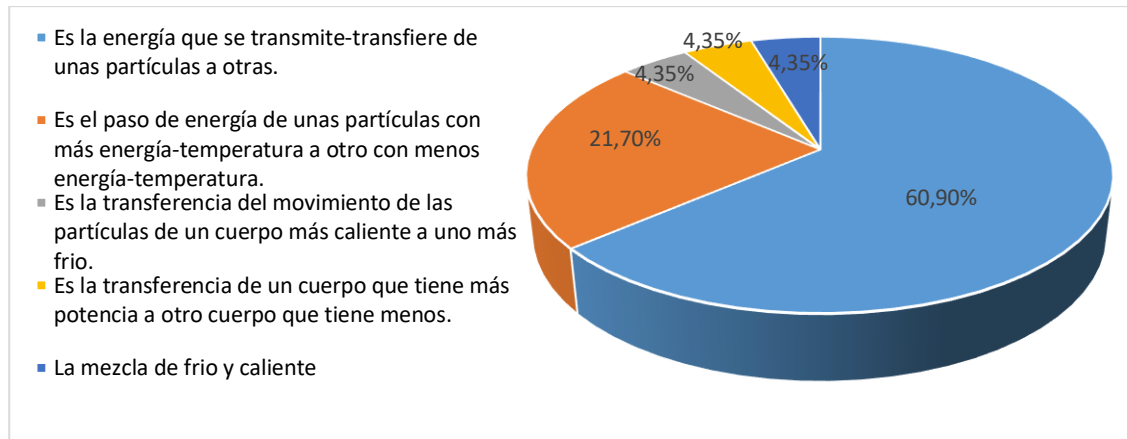
Almudena: exacto, pasa lo mismo que ha pasado aquí (señala los vasos con agua), después de un buen rato todas las partículas llegan a la misma temperatura.

Las respuestas de los niños a la pregunta 5 (¿Qué creéis que es el Calor?) se han agrupado como se ve en la figura. Se han obtenido un total de 23 respuestas, 22 clasificables y 1 inclasificable (*paso de energía en movimiento*). Como se puede ver en la figura 32, sólo un niño(a) realiza una inferencia de tipo básico-asociativo y casi un 83% realiza inferencias de tipo explicativo.

Aunque, como podemos ver, el 60% entiende el *calor* como un fenómeno en el que la energía se transmite de un sistema material a otro pero no identifican, o declaran explícitamente (excepto los pocos niños(as) de los ejemplos de los diálogos), que entiende que dicha transferencia ocurre desde el sistema que tienen mayor temperatura-

energía⁷¹ al que tiene menor temperatura-energía, este último nivel explicativo sólo lo revelan un 21,7% de las niñas(os).

Figura 32: Porcentaje de respuestas de los niños y niñas (N=23) a la pregunta 5



También, como se puede ver en la figura, uno de los niños(as) confunde la transferencia de energía con el movimiento de las partículas y los choques que ocurren entre unas y otras y, en el otro caso, otro de los niños(as) hace referencia a la “potencia” como sinónimo de energía. En síntesis, se evidencia que han de trabajarse más actividades que permitan a las niñas y niños entender y discutir en torno a cómo la energía se transfiere de sistemas con mayor temperatura a otros con menor temperatura hasta llegar al equilibrio térmico.

Así mismo, para que quede más claro la relación entre temperatura y energía se hace necesario trabajar más en torno a este concepto y posteriormente su relación con el fenómeno “calor”, dado que relacionar tantas variables y conceptos no es nada fácil. Algunos ejemplos de las ideas expresadas por escrito de los niños y niñas son:

71. No debe asumirse el guion entre los términos energía y temperatura como sinónimos, simplemente ponemos el guion porque algunos niños(as) justifican su explicación con el término energía y otros con el término temperatura, que como sabemos sería correcto. Sin embargo, como explicábamos en la discusión sobre la temperatura, es difícil para ellos, en una misma explicación, agrupar todas las variables para definir como tal el fenómeno.

Pese a que en los ejemplos de diálogos que pusimos en páginas anteriores y los resultados obtenidos, entienden que la temperatura se relaciona directamente con la energía, siempre se veía que era más fácil para ellos o bien decir que las partículas que tienen más energía dan a las que tienen menos hasta que se equilibran, o bien, decir que las partículas con mayor temperatura dan energía a las que tienen menos temperatura, pero ninguno de las niñas(os) agrupa todos los términos en las ideas que plantea de forma escrita u oral.

1/ Tabla: medir con el termómetro la temperatura del agua en el vaso pequeño y en el grande.

	TEMPERATURA				
AGUA CALIENTE	40°	28°	27°	26°	26°
AGUA FRÍA	21°	27°	27°	25°	26°

Una vez hecha la primera medición de temperatura. ¿Qué creéis que va a pasar después de pasado un buen tiempo?

Se volverá menos caliente y más fría.



1/ Tabla: medir con el termómetro la temperatura del agua en el vaso pequeño y en el grande.

	TEMPERATURA				
AGUA CALIENTE	40°	28°	27°	26°	26°
AGUA FRÍA	21°	27°	27°	25°	26°

Una vez hecha la primera medición de temperatura. ¿Qué creéis que va a pasar después de pasado un buen tiempo?

Se volverá menos caliente y menos fría y se vuelve tibia. Por que se mezcla frío con caliente.



1/ Tabla: medir con el termómetro la temperatura del agua en el vaso pequeño y en el grande.

	TEMPERATURA				
AGUA CALIENTE	50°	27°	26°		
AGUA FRÍA	22°	25°	26°		

Una vez hecha la primera medición de temperatura. ¿Qué creéis que va a pasar después de pasado un buen tiempo?

Que se van igualando cuando estan juntas.



1/ Tabla: medir con el termómetro la temperatura del agua en el vaso pequeño y en el grande.

	TEMPERATURA				
AGUA CALIENTE	50°	27°	26°		
AGUA FRÍA	22°	25°	26°		

Una vez hecha la primera medición de temperatura. ¿Qué creéis que va a pasar después de pasado un buen tiempo?

Que las dos temperaturas se igualan.



4/ ¿Qué es temperatura ?

La temperatura es la medida del movimiento de las partículas y el calor la transferencia de energía.



4/ ¿Qué es temperatura ?

La temperatura es la medida de los partículas con forma de movimiento

5/ ¿Qué es el calor?

Transferencia de un cuerpo a otro energía

4/ ¿Qué es temperatura ?

La temperatura es la medida del movimiento de las partículas y el calor la transferencia de energía.

4/ ¿Qué es temperatura ?

La temperatura es la medida de los partículas con forma de movimiento



5/ ¿Qué es el calor?

Transferencia de un cuerpo a otro energía

4/ ¿Qué es temperatura ?

R: la temperatura es la medida de las partículas en ^{según se} forma de un movimiento



5/ ¿Qué es el calor?

es la transferencia de energía de un cuerpo a más temperatura a otro cuerpo con menor

5.5 RESULTADOS RESPECTO A LA VALORACIÓN Y REFLEXIÓN FINAL DE LAS INTEGRANTES DEL EQUIPO SOBRE EL PROYECTO REALIZADO DURANTE EL CUATRIMESTRE

Una vez implementada la secuencia en la escuela y, siendo la etapa final del cuatrimestre, se realizaron las últimas valoraciones y reflexiones, por parte de los estudiantes de magisterio que participaron en la investigación, en torno a dos aspectos: 1) La indagación como modelo de enseñanza de las ciencias y, 2) El programa de formación en el que participaron durante el cuatrimestre. Así pues, se comentarán en el apartado 5.5.1, las valoraciones y reflexiones de Esther respecto a la posible apropiación del modelo de indagación. En el apartado 5.5.2 mostraremos el caso de María. En el apartado 5.5.3 el caso de Clara y en el apartado 5.5.4 el caso de Almudena

5.5.1 El caso de Esther

Como explicábamos en el capítulo 3, otra de las intenciones principales de la investigación era valorar si realmente los maestros(as) en formación lograron iniciarse en el modelo de indagación de forma práctica: a) evitando dar explicaciones anticipadamente a los alumnos y, más bien, permitiendo, por medio de cuestiones, generar discusiones que

guien el desarrollo de las actividades; b) siendo asertivos a la hora de mediar en las discusiones de los niños y niñas en las actividades y, por tanto, permitiendo su participación activa para generar preguntas, hipótesis, sintetizar, discutir dudas, experimentar para poner a prueba sus ideas, concluir a partir de la evidencia, sintetizar etc.;

c) valorar si intentan o no salir al paso de algunas visiones deformadas de la ciencia y, d) analizar sus ideas respecto a los contenidos científicos trabajados. Es decir, valorar si en su conjunto se ve favorecida su competencia docente en el tema de calor y temperatura. Por ello se realizó, no sólo la valoración de la secuencia de enseñanza-aprendizaje como tal, sino la implementación de la misma y actuación del futuro maestro, por medio de la matriz de valoración de observación que denominamos C-4 (matriz de valoración que también valoramos con una escala tipo Likert, dos miembros del equipo por separado). La matriz de valoración en el caso de Esther se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Cuestionario C-4 de Esther. Para valorar el uso del modelo de indagación.

Equipo N°: 2		Integrantes: Esther					
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS			1	2	3
GESTIÓN DE LA CLASE	M E T O D O L O G Í A	<u>Actividades de inicio:</u>					
		Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).					1
		<u>Actividades de desarrollo:</u>					
		Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.					1
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.					1
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.					1
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.				1	
	En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.			1			
	En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.			1			
	El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.			1			
E V A L U A C I O N	<u>Realiza una valoración inicial que permite:</u>						
	Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.			1			
	<u>Realiza actividades de evaluación que permiten:</u>						
	Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.				1		
Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.					1		
CLIMA DE AULA	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).					1	
	Motiva a sus estudiantes para que participen.				1		
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.				1		
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.					1	
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.					1	
	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.					1	
ARGUMENTACIÓN	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.					1	
	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.					1	
MANEJO DE LA VOZ	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).					1	
	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.					1	
LA POSTURA ESPACIAL	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.				1		
	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad					1	
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda					1	
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Evita estar estático con las manos en los bolsillos					1	
	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.					1	
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.					1	
		27 afirmaciones.	Escala 1-3: 66/27=2,4	4	14	48	

Según la matriz de valoración y la grabación de clase, su valoración numérica sería de 2,4 sobre 5, lo que nos muestra un dominio aceptable, pero claramente mejorable, del modelo. Es decir, se evidencia para esta maestra en formación que, en efecto, tiene en cuenta las ideas previas de los niños y niñas mientras se iban trabajando las actividades y guiaba las mismas de manera que la participación de las niñas y niños fuera activa, permitía que comentarán sus ideas al intentar resolver alguna cuestión de una actividad, sus dudas, los niños eran quienes realizaban los experimentos con los materiales y en caso de estar perdidos ella intervenía para guiar.

Sin embargo, igual que ocurre con los estudiantes del equipo 1, se percibe una preocupación excesiva por lograr realizar todas las actividades, con lo cual, la discusión entre los pequeños equipos es poca y en sus intervenciones se notaba demasiada rapidez al hablar, con lo que es posible que algunos niños(as) se perdieran en alguna actividad. Como se mencionaba en el análisis de la matriz de valoración C-3, las actividades o momentos que permitiesen a los niños la autoevaluación de su aprendizaje son inexistentes, sin embargo, sí que es importante destacar que al final de la realización de la secuencia, Esther y María hacen una recapitulación de todo el trabajo realizado y hacen partícipe a algunas niñas y niños permitiendo que fuesen ellos mismos quienes aportaran las posibles ideas aprendidas con las actividades.

Otro aspecto a resaltar, es el relacionado con evitar dar explicaciones rápidas a un concepto, en las actividades realizadas por Esther y, derivado también de la preocupación por el tiempo, la estudiante en algunas actividades (las dirigidas al concepto de temperatura) terminaba dando a los estudiantes la definición como tal en vez de intentar guiarlos por medio de cuestiones o ejemplos que les permitieran llegar a alguna definición por ellos mismos. Así mismo, al igual que ocurre con el equipo 1, y con sus compañeras de equipo, no se realiza ni antes ni después un análisis de las posibles concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pudieron haberse transmitido con la secuencia propuesta.

En el caso de Esther, aunque igualmente pasa con sus compañeras, se evidencia que durante las actividades algunos niños(as) podrían haber interpretado que las partículas son esferas compactas de colores, dado que en los simuladores utilizados se representan de dicha forma y, haría falta más discusión con los niños(as) al respecto para que no se queden con esa imagen lo que podría llevarlo a generar ideas previas equivocadas sobre los modelos atómicos. Igualmente sucede con el hecho de que Esther sólo haber trabajado el concepto de temperatura en términos de *“movimiento de las partículas: rápido para temperaturas altas, lento para temperaturas bajas”* que, si bien es correcto, es

necesario que los niños y niñas también lo relacionen con la energía alta o baja de las partículas que conforman un sistema material.

Según el cuestionario final (C-6) en el que se recogen datos escritos sobre la apropiación y reflexiones finales en torno al modelo de indagación, para Esther, se tienen los siguientes resultados:

5.5.1.1 Respecto al conocimiento de la disciplina

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8 del cuestionario final. Igual que aclaramos en el capítulo 4, veremos que a veces las respuestas están escritas en ordenador y otras veces a mano ya que el cuestionario estaba formado por bastantes preguntas y decidimos que se realizaría en dos partes, en días diferentes, para que los estudiantes fuesen lo más sincero posibles en sus respuestas y pudieran escribir todo lo que realmente pensaban sin agobiarse por tiempo o cansancio. Las respuestas de Esther son las siguientes:

1. Explica 3 contenidos básicos que se logran abordar en la secuencia de aprendizaje diseñada por tu equipo.

- Toda materia tiene energía interna, es una propiedad de la materia y, por tanto, sus partículas pueden vibrar, moverse y rotar.
- La temperatura es la medida del movimiento de las partículas, a mayor movimiento, mayor temperatura y viceversa.
- El calor es un fenómeno en el que se transfiere energía de un cuerpo con mayor temperatura a otro con menor temperatura hasta llegar a un equilibrio.
- Los tipos de energía se clasifican en dos: energía potencial, debida a la altura y energía cinética debida a la velocidad. No se debe confundir con fuentes de energía.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

- A. observación B. hipótesis C. generalización D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Basándose en aquello que observó a su vuelta, Alexander Fleming realizó una hipótesis que, en este caso, está marcada por el valor probabilístico del verbo 'poder'. Se trata de una hipótesis válida, puesto que es falseable mediante la sistematización de una serie de experimentos, cuyos resultados llevaron al Doctor Fleming a poder generar una conclusión.

7. Lee la siguiente afirmación: "El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse". Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta.

El conocimiento científico no siempre se basa en la experimentación. También ~~base~~ ^{se basa} en otras fuentes, como la observación (por ejemplo, en el caso de la caída de las hojas de algunos árboles y la clasificación de estos en árboles de hoja caduca y árboles de hoja perenne). Otras veces se basa en el desarrollo de teorías ya existentes y en la aplicación de la lógica científico-matemática (como es el caso de la Teoría de Cuerdas).

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

- 8.1. ¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta.

A mi modo de ver, esta actividad entra dentro del Modelo de Aprendizaje por descubrimiento guiado, pues a los niños y a las niñas se les proponen una serie de experiencias de las cuales habrán de extraer una serie de datos mediante la observación al cabo de los días. Después, los alumnos deberán contrastar los datos, generar hipótesis en base a ellos y volver a proponer otros experimentos, si fuera necesario, para corroborar dichas hipótesis. Finalmente, sería importante que el docente recapitulara y refutara aquella errónea para llegar a la conclusión correcta y ^{completar} ~~completar~~ ^{el modelo de} ~~completar~~ ^{aprendizaje} ~~completar~~.

- 8.2. ¿Qué visión o visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades?, ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

Este tipo de actividades transmiten una visión demasiado empírico-analítica, puesto que se basa sólo en la experimentación. Además, la ciencia que enseña está un tanto descontextualizada al día a día de los niños y las niñas (é por qué, en vez de plantear estas actividades con clavos, no se han planteado con distintos tipos de alimentos) Así, se podrían ^{aplicar} ~~aplicar~~ ^{aplicar} ~~aplicar~~ las conclusiones a la correcta conservación de los mismos).

Después de haber finalizado el cuatrimestre y participado en el proyecto, Esther presenta claridad, conceptualmente hablando, sobre las ideas científicas de calor y falta mejorar la idea de temperatura, porque prefiere definir temperatura en términos del movimiento de las partículas, al igual que la estrategia utilizada con los niños(as), en vez de utilizar la energía alta o baja de las partículas, con lo que se evitaría afianzar una idea errónea en la que se suele relacionar temperatura con velocidad de las partículas y no con su energía. Además, es importante relacionar el concepto temperatura con la energía cinética media

(de las partículas en gases), ya que no sólo implica su movimiento sino también su cantidad.

Está claro que para trabajar con los niños de primaria no es necesario introducir tantas variables, pero como maestra sí que es relevante que se comprenda de forma más amplia el fenómeno. Se puede observar también, dadas las respuestas a las preguntas 6 a 8 que la estudiante argumenta de una manera más profunda, sus conocimientos sobre NdC e incluso reconoce perfectamente actividades (pensadas para niños) que, tal y como están estructuradas y la forma en que los niños deben desarrollarlas, no tienen sentido dentro del modelo de indagación. También identifica y argumenta con claridad algunas visiones deformadas de la ciencia que pueden ser transmitidas con ellas.

Este aspecto es muy interesante porque, aunque Esther desde el principio, es una de las que menos presenta una tendencia empiro-inductivista de la actividad científica, si comparamos con sus argumentaciones iniciales en el cuestionario 1, después de la realización de todo este proyecto se nota una evolución importante de sus ideas y una argumentación más clara de las mismas. Aunque, bien es cierto, que en su respuesta a la pregunta 7 argumenta que la ciencia no se basa sólo en la experimentación sino también en la observación, lo que nos muestra que aún quedan trazas de una tendencia inductivista de la actividad científica, posteriormente, indica que también la ciencia “se basa en el desarrollo de teorías ya existentes y la aplicación de la lógica científico-matemática” lo que indica que posiblemente haya superado la visión ateórica.

5.5.1.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14 de C-6. Las respuestas de Esther son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

Teniendo en cuenta que poseer o conseguir una competencia no es solo conocer, si no saber hacer, saber demostrar que lo entiendes, con la propuesta puedo decir que los alumnos han llegado a estas competencias:

- Medir la temperatura, usar el termómetro.
- Identificar la temperatura y dar ejemplos mediante la explicación del movimiento de las partículas.
- Saber explicar que el calor es la transferencia de energía de un cuerpo a otro.

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

En un primer momento la **reflexión**, la búsqueda de información sobre el tema a abordar. En segundo lugar la **filtración o elección de a información** adecuada.

Por otro lado, **descubrir las ideas alternativas** que tienen los niños mediante **preguntas** a diferentes niños de las edades correspondientes a nuestra propuesta, hermanos, sobrinos, hijos de amigos, primos... Todo esto **antes de empezar** a preparar actividades.

Ya en la propuesta en concreto, podemos decir que se realizaron **preguntas** a los alumnos para que ellos mismo supieran desde donde partían, sus **propias ideas pre-adquiridas** por la sociedad, partiendo de ahí se empezó la propuesta. Todo esto para que ellos pudieran más tarde darse cuenta de sus errores y **ser capaces de asimilar** lo que habían aprendido y cambiar sus ideas.

Por otro lado, la **manipulación de objetos** en las experiencias, que fuesen **ellos mismos** quienes realizaban e iban solucionando y dando respuesta a las preguntas que tenían en la ficha, siempre con la **guía de la maestra** (en este caso yo y mis compañeras).

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta

Realizamos un **aprendizaje significativo** para el alumno, experiencial e interesante para **captar su atención** y que aprendiera desde la **experiencia propia**.

-Preguntas previas para saber las ideas alternativas. Así mismo preguntas finales para ver el desarrollo evolutivo del alumno durante la sesión.

-actividades experimentales y talleres sobre la Energía, calor y temperatura.

-Recursos visuales, auditivos y sensoriales para captar la atención del alumno y hacerle entrar en la dinámica de la clase.

-Uso de TICS para lograr visualizar conceptos abstractos

-Trabajo en equipo.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Puedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos.

-La temperatura es cuando tenemos 38º de fiebre.

-El calor es lo que nos da el sol.

-La energía se gasta.

-Si corremos nos quedamos sin energía.

-El calor solo está en verano y los días de temperatura alta.

-El frío es cuando la temperatura es baja.

-Si abrimos la ventana se va el calor.

-El termómetro mide si hace calor o frío.

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí

No

¿Por qué?

En mi caso, tuve la suerte de poder dar una clase más sobre el tema de energía, ya que es un tema que se saltan en el curso. La razón es que ya lo darán en secundaria, es un pena ver como dejan de lado la ciencia, aunque la culpa es de los maestros y de la universidad que en su día y aún hoy no se enseña una ciencia como la que hemos tenido la suerte de aprender nosotros este curso.

Al no dar ese tema le propuse a la maestra que me dejara un día e intentaba continuar desde donde nos habíamos quedado en la implementación de la propuesta, así pasarían a secundaria con una base científica necesaria para entender cosas de la asignatura de tecnología.

Esto me permitió observar que los alumnos habían retenido muchas cosas de las que habíamos explicado en la implementación, así que sí. ¡APRENDIERON!

Por otro lado, algunos alumnos tenían ganas de saber más cosas y en algún tiempo libre me preguntaban y pude observar que sabían de que hablábamos, que habían cambiado sus ideas alternativas.

Si no hubiese tenido la oportunidad de hablar con ellos después, como les paso a mis compañeras (al no ser su centro de prácticas), también podría decir que lo lograron, ya que al final de la sesión se realizaban unas preguntas en las que podíamos evaluar si lo habían entendido, además en los propios grupos no pasábamos sin que nadie lograra ser capaz de explicar lo que estaba sucediendo en los talleres.

Del resultado de estas preguntas, se puede apreciar, en las respuestas a la pregunta 3 y 4, que Esther reconoce la importancia del proceso de fundamentación y planificación previa basada en el conocimiento del contenido, el establecimiento de unos objetivos claros y tener en cuenta las ideas previas respecto al tema a trabajar, aspectos que como sabemos, son prioritarios a la hora de querer utilizar en el aula el modelo de indagación. La estudiante menciona que es un proceso de *reflexión* en el que se hace necesario *filtrar y elegir información adecuada*.

Como mencionábamos en el marco teórico y discusiones sobre las tutorías, es un proceso previo de gran relevancia, ya que se constituye en la base para poder diseñar cualquier secuencia de aprendizaje que busque ir más allá de la memorización de conceptos y permita que las niñas y niños desarrollen competencias científicas. Esther también menciona la importancia de las preguntas o cuestiones, ya que son estas las que guían las actividades y asumir el papel del maestro(a) como un guía.

Sin embargo, no menciona características igual de relevantes como permitir a los niños(as) generar hipótesis que posteriormente puedan poner a prueba durante las actividades experimentales, aspecto que se facilitaba muchísimo con los simuladores utilizados en las actividades de su secuencia, así mismo, no se menciona la relevancia de la discusión entre los integrantes del equipo, el papel de la síntesis y comunicación de ideas.

También se aprecia que la estudiante, en la respuesta a la pregunta 3, aún presenta una idea un tanto idealista de lo que se puede llegar a lograr con una secuencia de actividades, ya que plantea que por el mero hecho de partir de sus ideas previas y realizar la secuencia de actividades los mismos niños(as) después *“puedan darse cuenta de sus errores y ser capaces de asimilar lo que habían aprendido y cambiar sus ideas”*. Como es bien sabido, las ideas que construimos desde temprana edad sobre diferentes fenómenos naturales que nos rodean, son la forma en que entendemos y explicamos el mundo y, este

conocimiento intuitivo que provee explicaciones a los fenómenos naturales, tiende a ser resistente al cambio (Osborne y Freyberg, 1991; Limón y Carretero, 2000).

Incluso hay estudios que muestran que en un mismo alumno coexisten diversas representaciones alternativas que se activan en contextos diferentes (Pozo y Carretero, 1987; Oliva, 1996). De ahí la importancia de siempre tener en cuenta dichas ideas, pero también de ser conscientes que la comprensión y por tanto el cambio de ciertas ideas a otras, es un proceso de trabajo constante a largo plazo.

5.5.1.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de Esther son:

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

Antes no sabía:	Ahora se:
Todo lo que debía abordar para llevar a cabo una buena preparación de una sesión.	Planificar y encontrar la información necesaria.
Concretar del todo lo importante de un tema.	Organizar mejor el tiempo de la sesión.
La gran importancia de partir de los conocimientos previos de los alumnos.	Hacerme las preguntas clave para desarrollar una propuesta.
	Otra forma de trabajar en equipo.(mejor)

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria.	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta)
Aprendizaje significativo para los niños. Trabajar con los niños de otra forma, que en verdad les permita participar en lo que aprenden y experimentar.	Realizar la clase con una sola maestra en el aula, habría que modificar cosas.
La clase como lugar de aprendizaje y no de memorización.	La observación directa y experiencial del movimiento de partículas, los alumnos deben creérselo, aunque es cierto que los simuladores ayudan bastante, en el momento que no tengas acceso a video beam y ordenador, se haría complicado para que lo entiendan y sea algo más que creer que se mueven.
Es posible llegar a todos los alumnos y no solo a los que van mejor y siguen las clases(tradicionales)	
Evaluar no solo con exámenes.	

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

Desde mi punto de vista, el primer reto es saber hacer grupo, que cada una pueda ponerse en la piel de la otra para al final llegar a las mismas conclusiones y ser capaces **todas** de entender y explicar **todos** los conceptos. Nadie debe quedarse atrás, algo muy importante en un grupo.

Por otro lado, algo más concreto, fueron **las experiencias**, llegar a saber cómo lograr que el alumno entendiera los conceptos, en este caso de Energía (tema difícil pero posible de enseñar). Fue una tarea difícil, por mucho que pensaba, siempre había algo que no era suficiente para poder llegar a que el alumno lo entendiera, surgían muchas preguntas, ideas alternativas y pre-adquiridas que tenían los alumnos (anteriormente también en muchos casos nosotras) y por más que pensábamos no salía. Pero al final con ayuda de las tutorías, esfuerzo y colaboración de todas ha sido posible.

Realizar una sesión basada en la indagación no es nada fácil, no es imposible y debe hacerse si queremos cambiar las cosas, pero no sabía que fuese tan completo y exhaustivo el proceso para llegar a desarrollar una sesión sobre un tema, se cuestiona hasta lo que creíamos que era enseñar, pero no lo era, estamos acostumbrados a lo fácil, el libro y dictar y no debería ser así.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

- Hacen más preguntas los alumnos del centro escolar, se les ocurrían más cosas.
- Necesitaron más tiempo para llegar a diferenciar calor y temperatura.
- Se interesaron un poco más por los talleres, todos querían participar y ser protagonistas de cada experiencia.
- En la universidad se respetaba más el turno de palabra, aunque hay que decir que en el centro escolar también lo intentaban, pero los nervios y las ganas de participar les hacían acelerarse.
- Expresarse en las hojas les costaba más tiempo, aunque podríamos decir que llegaban a las mismas conclusiones que en la universidad.

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

¿Por qué?

El poder realizar la clase en la universidad me permitió poner en práctica lo que había preparado con mi grupo. De esta manera pudimos darnos cuenta de si habíamos dejado algo en el tintero sin abordar. Una manera de ponernos a prueba sin miedo al error, la evaluación no era decisiva para aprobar o suspender. Se trataba, a mí entender, de afianzar todo lo aprendido en la preparación, todo lo indagado en el grupo y con la ayuda de las profesoras ante nuestros alumnos. Ahí descubrimos como poder llevar a término una clase, quitarnos los miedos y nervios para así poder luego llevarlo a un aula con niños.

Como se ha dicho muchas veces en clase, hay que hacer las clases, calcular sus tiempos, las preguntas que te pueden hacer los niños, tener todo preparado, no dejarse nada por entender y poder contestar bien a los alumnos.

Además, en la clase con nuestros compañeros también pudimos observar en ellos ideas alternativas que nosotros preveíamos, pero otras que no había tenido en cuenta. Esto nos ayudó mucho para preparar la siguiente clase.

Por todo esto, creo que es muy necesario realizar una práctica antes de llevarla al aula.

De las reflexiones realizadas en estas preguntas, se aprecia, por ejemplo, en las preguntas 9 y 11, como destaca el hecho de tener una adecuada preparación previa para poder abordar un tema en concreto, el aprender a concretar las ideas que se quieren enseñar, la importancia de conocer las ideas previas propias y las de los niños(as) respecto al tema a enseñar, aprender a seleccionar actividades prácticas que tengan sentido según las ideas científicas que se pretenden enseñar y todo ello siempre teniendo

en cuenta que al ser un trabajo en equipo, es igual de importante aprender a trabajar de dicha forma para que los resultados sean efectivos, todos los integrantes han de tener la capacidad de discutir, avanzar, colaborar, proponer, etc.

No en vano, el trabajo en equipo como línea de investigación en didáctica, viene trabajándose desde hace años, no sólo en áreas como ciencias, sino en todas las áreas de conocimiento. Estudios como los de Marina y Bernabeu (2007) señalan que la capacidad para trabajar en equipo, resolver conflictos o problemas, la solidaridad, tolerancia y el respeto por los demás son algunas de las competencias sociales y en valores que se generan a través del trabajo colaborativo. Así pues, en la medida en que a los maestros en formación se les permita aprender a trabajar de este modo, cuando sean maestros en activo verán con mayor naturalidad que los niños trabajen igualmente de esta manera para lograr su aprendizaje.

Lo que no sólo contribuiría a desarrollar competencias científicas (en la medida en que supone -como la misma investigación- una exploración activa de alternativas que se ve favorecida por la formación de pequeños grupos (Mayfield, 1976), sino también toda una serie de habilidades clave sobre la educación para la convivencia y la educación en valores (que también hace parte de las competencias a desarrollar en los niños y niñas). Como bien plantea Esther, los maestros en formación necesitan de experiencias de este tipo, las cuales les permitan *“aprender hacerse las preguntas clave para desarrollar una propuesta”* y *“cuestionar el cómo enseñar”*. Finalmente, como menciona la estudiante, las tutorías han sido espacios importantes que les han permitido resolver dudas, debatir y entender mejor qué actividades elegir y por qué.

En cuanto a la implementación a sus compañeros de clase, previa a la implementación en las escuelas, igual que como nosotros planteábamos en nuestro marco metodológico, ha resaltado las contribuciones de la misma, dado que les permitió comprobar la funcionalidad y relevancia de las actividades diseñadas, así como corregir fallos importantes que en una etapa previa de planificación y diseño es poco probable detectar sin estas simulaciones de clase. También destaca como las actividades han permitido conocer las ideas previas de sus compañeros(as) respecto al tema, que resultan muy parecidas a las de los niños(as) en los colegios y las que aparecen nuevas, son de gran ayuda para así tener más claridad de lo que puede surgir en las clases con los niños(as).

5.5.2 El caso de María

Según el cuestionario de valoración C-4 (ver tabla 7), su valoración numérica es de 2,51 sobre 3, lo que nos indica un dominio adecuado del modelo. Es decir, para esta maestra en formación notamos que, parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas con preguntas de manera que la participación de los alumnos fuese más activa que en el caso de Esther, permitiendo que expresaran sus ideas y dudas con más margen de tiempo. María no intenta dar explicaciones rápidas de los fenómenos que se están trabajando, de hecho, ha sido la que más ejemplos o situaciones intenta crear para que los niños y niñas puedan a partir de ello expresar sus ideas.

Tabla 7: Cuestionario C-4 de María. Para valorar el uso, del modelo de indagación

Equipo N°: 2		Integrantes: María					
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS			1	2	3
GESTIÓN DE LA CLASE	M E T O D O L O G Í A	<u>Actividades de inicio:</u>					
		Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).					1
		<u>Actividades de desarrollo:</u>					
		Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.					1
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.				1	
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.					1
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.				1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.					1
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.				1	
		El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.					1
E V A L U A C I Ó N	<u>Realiza una valoración inicial que permite:</u>						
	Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.			1			
	<u>Realiza actividades de evaluación que permiten:</u>						
	Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.				1		
CLIMA DE AULA	Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.				1		
	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).				1		
	Motiva a sus estudiantes para que participen.					1	
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.					1	
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.				1		
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.					1	
ARGUMENTACIÓN	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.					1	
	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.				1		
MANEJO DE LA VOZ	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.				1		
	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).				1		
LA POSTURA ESPACIAL	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.					1	
	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.					1	
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad					1	
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda					1	
	Evita estar estático con las manos en los bolsillos					1	
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.				1		
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.					1	
		27 afirmaciones. Escala 1-3: 68/27=2,51			1	22	45

Aunque, igual que ocurre con Esther, y el equipo 1, al existir la preocupación constante de querer trabajar todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión de las actividades en los pequeños equipos fue insuficiente, si bien aumentó la participación individual. Como también mencionábamos anteriormente, dada la falta de experiencia de nuestros estudiantes respecto al conocimiento e implementación de metodologías de auto y coevaluación, los niños(as) de su equipo tampoco hicieron actividades de este tipo (excepto por las fichas). Según el cuestionario final (C-6), para María, se tienen los siguientes resultados:

5.5.2.1 Respetto al conocimiento de la disciplina

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8. Las respuestas de María son:

1. Explica 3 contenidos básicos que se logran abordar en la secuencia de aprendizaje diseñada por tu equipo.

- **Energía:** hace referencia al movimiento de las partículas. Cuando el movimiento de las partículas es más rápido, la temperatura asciende, por el contrario, cuando el movimiento de las partículas es más lento, la temperatura disminuye.
- **Calor:** transferencia de energía de un cuerpo con mayor temperatura a otro con menor temperatura.
- **Temperatura:** medida del movimiento de las partículas. Cuando el movimiento de las partículas es más rápido, la temperatura asciende, por el contrario, cuando el movimiento de las partículas es más lento, la temperatura disminuye.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

- A. observación B. hipótesis C. generalización D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Según la experiencia descrita en el enunciado, yo creo que Alexander Fleming ^ma partir de una observación (la contaminación del cultivo por el moho y la inexistencia de bacterias a su alrededor), interpretó ese resultado (inexistencia de bacterias en el cultivo con moho), convirtiéndolo en una posible hipótesis ("El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias"). Una hipótesis es un supuesto que más tarde ha de ser contrastado. En el caso de Fleming la observación e interpretación de lo ocurrido.

7. Lee la siguiente afirmación: "El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse". Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta.

No SI

Esta afirmación no es cierta, transmite una visión distorsionada y reduccionista de lo científico.

En primer lugar, es en una visión empirio-inductivista y técnica de la ciencia. Es cierto que en algunas ramas o disciplinas de la ciencia como es el caso de la biología molecular, casi todo el trabajo de investigación se desarrolla a través de la experimentación en el laboratorio. Pero no hemos de olvidar de un lado el componente del respeto de técnicas que hay detrás de toda experimentación y de otro la cantidad de conocimiento existente en las ciencias proveniente de la observación e interpretación de datos o del desarrollo y conocimiento lógico-matemático, etc.

En segundo lugar, la palabra "siempre" puede transmitir otra imagen distorsionada de la ciencia conocida por una visión rígida, algorítmica y inflexible de la ciencia, que presupone que ésta sigue siempre un método cerrado, riguroso y verdadero, "el método científico" que garantiza los ^{valores de los} resultados si se sigue a "raya tonta". Esta visión deja de lado la importancia que tienen la creatividad y la duda en todo proceso científico y de creación de conocimiento.

En tercer y último lugar, ya de manera no tan explícita, esta afirmación "El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos para desarrollarse", puede transmitir ideas de las visiones distorsionadas de la ciencia que la convierten en positivista. Por ejemplo, puede ~~transmi-~~ corroborar las falsas creencias de la ciencia como: a) problemática y whistórica (si se realiza así el conocimiento científico, se desarrollará, independientemente del problema/s propios del momento y ^{características} en el que se desarrolla la investigación); b) descontextualizada; c) acumulativa y lineal (si se hace así, mediante experimentos se desarrolla, sin tener en cuenta que a veces ^{el resultado de} un experimento puede desmentar las teorías y conclusiones generadas por otros, suponiendo que siempre hay un progreso); d) exclusivamente analítica (ya que los experimentos se controlan para tener las condiciones ideales que nos proporcionarán el conocimiento).

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta.

Si nos basamos simplemente en lo descrito en el libro y no en las aportaciones que podríamos añadir como docentes para darle a esta actividad otro enfoque propio de otro modelo, se trata del modelo educativo por descubrimiento. En él se le presenta a los niños y las niñas una actividad a realizar que, supuestamente, ha de llevarles al descubrimiento de lo que allí ocurre y, por tanto, al conocimiento que dicha actividad crea que genera.

¿Qué visión o visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades? ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

Las visiones distorsionadas que se desprende de este tipo de actividades no son adecuadas ya que dejan a las alumnas de la verdadera utilidad y funcionamiento de la ciencia. (Ya desarrollado en la pregunta 4)

En este caso se cae en una visión atómica y empirio-inductivista principalmente, así como en una visión exclusivamente empírica. ^{Junto a individualista, rígida y aprietadista.} Se supone que mediante la observación de lo sucedido en este experimento ilustrativo vamos a llegar a algunas conclusiones que son totalmente imposibles de alcanzar (al menos para mí) a partir de los datos y orientaciones aquí expuestas.

En sus respuestas a la pregunta 1, se puede ver que define energía como: "referente al movimiento de las partículas" pero a continuación relaciona dicho movimiento con el concepto de temperatura dentro de la misma definición de energía, lo que nos indica que la estudiante aún presenta dudas respecto a este concepto. Respecto a los conceptos de calor y temperatura se aprecia que presenta claridad respecto a los mismos, sin embargo, como se puede ver en la definición de temperatura, al igual que Esther, prefiere definirla en términos de *la medida del movimiento de las partículas*, más que en términos de la medida de la energía cinética media de las partículas, aunque es correcto hablar del movimiento de las partículas.

Como mencionábamos antes, es importante relacionar este término con la energía cinética media, ya que no sólo implica el movimiento y su velocidad sino también su masa. Por otra parte, no menciona en el concepto de calor que, necesariamente, ha de llegarse a un equilibrio térmico, lo que nos indica que este aspecto debe ser más trabajado con la estudiante ya que es de gran relevancia. Respecto a las preguntas 6, 7 y 8 la estudiante demuestra ahora mucha más fluidez y profundidad al argumentar sus ideas respecto a NdC, en comparación con el inicio de curso y los argumentos que ofrecía en el cuestionario 1 (como bien se discutió en el apartado 5.2.1).

En la pregunta 6, por ejemplo, explica su idea de hipótesis como “*un supuesto basado en la interpretación de una observación que más tarde ha de ser contrastado*”. En la pregunta 7, realiza todo un análisis de la frase que se pedía analizar y no sólo realiza dicho análisis, sino que lo relaciona con los conocimientos que ahora tienen sobre las visiones distorsionadas de la actividad científica, es la única estudiante que realiza esta correlación. En su argumentación se ve como justifica que no se trata de una afirmación válida porque “*transmite una visión empiro-inductivista y ateórica de la ciencia...no hemos de obviar de un lado el componente del respaldo teórico que hay detrás de toda experimentación y de otro, la cantidad de conocimiento existente en las ciencias proveniente de interpretación de datos y conocimiento lógico-matemático*”.

Aparte de esto, también menciona que al utilizarse la palabra *siempre* (que se encuentra en la frase), puede inducir al lector a pensar que la ciencia “*siempre sigue un método cerrado, riguroso y verdadero que garantiza la validez de los resultados...lo que puede transmitir una visión rígida, algorítmica e infalible de la ciencia*”, como se puede apreciar, realizar un análisis completo basado en los conocimientos sobre NdC que ha podido adquirir durante el curso.

Así mismo, como se ve en sus respuestas a la pregunta 8, identifica y argumentan con claridad las visiones distorsionadas de la ciencia que pueden transmitirse con ciertas actividades que, en principio, parecen adecuadas para trabajar en el aula y se encuentran propuestas en libros de primaria, pero que realizando un análisis concienzudo de la misma no deja de ser una actividad tipo receta en las que se espera que los niños *descubran* por sí solos, sin más, la explicación a un fenómeno.

5.5.2.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14. Las respuestas de María son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

- *Reflexionar sobre los preconceptos asimilados, en la vida diaria, sobre energía, calor y temperatura.*
- *Llevar a cabo la experimentación de los términos analizados para comprenderlos de forma práctica.*
- *Realizar hipótesis sobre los términos que se intentan aprender (energía, calor y temperatura) de acuerdo con la manipulación de los mismos de forma práctica.*
- *Aplicar, los conocimientos adquiridos sobre (energía, calor y temperatura), a situaciones de la vida cotidiana donde se lleven a cabo.*
- *Tomar consciencia de lo que es la energía, el calor y la temperatura para llegar a hacer un uso responsable de las fuentes de energía y lo que confluente sobre ellas, sensibilizándose ante la relación de tecnología, ciencia, sociedad y ambiente.*

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

Respecto al aprendizaje por indagación podemos destacar, como abordamos en nuestra propuesta didáctica, que se caracteriza por aprender de forma práctica y significativa mediante la manipulación, participación activa, hacerse preguntas, en la puesta en práctica de talleres, de los términos que se deben aprender. Se trata de aprender los conceptos teóricos, mediante la experimentación de los mismos en situaciones prácticas. Del mismo modo, mediante el debate que surge entre los

alumnos sobre la definición de la temática que se está analizando, los alumnos realizan hipótesis, que después pueden, de cierta manera, verificar mediante la experimentación (que también incluye simuladores de ordenador), sobre lo que realmente puede significar dicho concepto. Asimismo, también se lleva a cabo, de parte del docente, el método socrático donde él mismo realiza preguntas de indagación para conducir al alumno, mediante las respuestas que va argumentando poder llegar a una conclusión y comprensión teórica del concepto.

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta

Respecto a las estrategias de aprendizaje llevadas a cabo podemos destacar principalmente la metodología caracterizada por la pregunta-discusión-conclusión, el método socrático. De este modo, tras la puesta en práctica de la representación teatral, donde se contextualizaron conceptos erróneos sobre la temática abordada (energía, caluroso, calor y temperatura), habiendo realizado el análisis de los conceptos mediante la experimentación práctica en los talleres, creo que los niños pueden argumentar respuestas acertadas sobre los conceptos que ha aprendido. Podemos destacar que una de las estrategias más importantes llevadas a cabo mediante el aprendizaje por indagación consiste en que el maestro actúe como conductor del aprendizaje, siendo el alumno quién realmente pasa a formar parte activa del aprendizaje, es decir, el protagonista, porque realiza su propio aprendizaje significativo y funcional útil para la vida diaria.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Fuedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos.

-Energía: "cuando un ser vivo (animal o planta) se mueve mucho", "perder energía"

-Calor: "temperatura elevada", "cuando algo quemamos"

-Temperatura: "sensación de mucho calor", "cuando alguien enferma y tiene fiebre"

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí

No

¿Por qué?

Consideramos que "nuestros estudiantes en el colegio" realmente "aprendieron de nosotras como maestras" en la medida en que mediante preguntas y respuestas "método socrático" podíamos cerciorarnos que, como mínimo habían entendido que los términos erróneos sobre energía, calor, temperatura o caluroso eran erróneos, por tanto, los debían "desaprender". Después, a nivel general de pequeño grupo, así como en las actividades y evaluación de los talleres, pudimos cerciorarnos que les había quedado una idea general de la energía en las partículas y el calor, también a diferenciarlas entre los grupos, así como a cerciorarnos que los conceptos los habían entendido a nivel general.

También por la satisfacción que los alumnos expresaban en sus rostros por esta manera de aprender mediante la indagación. Fue muy gratificante comprobar que al final nuestra "idea" de unidad didáctica salió bien porque nos llegamos a sentir MAESTRAS. En fin, pudieron entendernos y nosotras como docentes entenderles "a nivel general", luego probablemente la M de M-A-E-S-T-R-A, ya la tengamos, sólo nos falta seguir en la misma línea para conseguir las siguientes letras.

De sus respuestas a la pregunta 2, se puede ver que María aún presenta problemas para redactar de forma asertiva objetivos de aprendizaje. Nótese que todos los objetivos son generales, un tanto ambiguos e incluso los dos últimos abarcan mucho más de lo que en verdad permite desarrollar la secuencia de aprendizaje diseñada por el equipo. Esto nos indica que María aún debe trabajar más sobre lo que es un objetivo de aprendizaje y la importancia que tiene establecer los mismos de manera clara.

Como hemos mencionado en apartados anteriores, es de gran relevancia ya que la claridad en los objetivos de aprendizaje establecidos inicialmente, permitirá al maestro(a) realizar una secuencia de actividades coherente, que los niños y niñas tengan claridad respecto a lo que van hacer y, por tanto, que se posibilite buenos resultados. Respecto a las respuestas a las preguntas 3 y 4 vemos como menciona características importantes como la participación activa de los niños y niñas, que hagan preguntas en lo que la estudiante llama *puesta en práctica de talleres* que, aunque parece confuso, al preguntar a la estudiante nos explica que habla de las actividades realizadas en la secuencia.

Así mismo habla de *aprender los conceptos teóricos mediante la experimentación de los mismos en situaciones prácticas*, lo que nos lleva a la importancia de pensar siempre en el contexto de los niños(as) para realizar actividades. También la estudiante menciona la realización de hipótesis, por parte del alumno, que es necesario someter a algún tipo de prueba, lo que en verdad sí que pudieron hacer los niños(as) en los simuladores al trabajar el concepto de temperatura y calor, aunque bien es cierto que debió haberse permitido mucho más tiempo en dicho trabajo.

En uno de los apartados finales, la estudiante también menciona la importancia del papel del maestro como guía. Finalmente, en su respuesta a la pregunta 14 vemos que, al igual que pasa con la mayoría de los estudiantes de magisterio en formación, tiene una idea un tanto idealista respecto a los resultados de la implementación de su secuencia de aprendizaje, si bien es verdad que hay resultados donde se evidencian avances en el buen camino del aprendizaje de estos conceptos, para garantizar un total aprendizaje de estos conceptos, habría que hacer un seguimiento con diferentes estrategias de aprendizaje, en varias sesiones más y asegurándonos que en esas estrategias se pone a las niñas y niños a probar sus conocimientos, por ejemplo: pidiéndoles ejemplos diferentes a los trabajados en clase, evaluando las propiedades de un fenómeno en diferentes condiciones, etc.

Este es un aspecto a trabajar más con los estudiantes de magisterio en formación, dado que es importante que al finalizar su carrera no se queden con la idea de que, al implementar una sola serie de actividades en torno a uno o dos conceptos, ya se puede dar por sentado que han comprendido del todo los mismos. Como siempre hemos insistido, el aprendizaje y posible cambio de ideas previas es un proceso a largo plazo y de trabajo constante.

5.5.2.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de María son:

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

Antes no sabía:	Ahora se:
-Enseñar de forma significativa y ser consciente del trabajo previo que conlleva.	- Enseñar conceptos con un complejo grado de abstracción de forma práctica, teniendo en cuenta las ideas previas de los alumnos, los objetivos, una metodología clara para llevar al aula esos conceptos, el papel del maestro como conductor del aprendizaje.
-Comprobar que se puede enseñar de forma útil.	- Analizar conceptos abstractos y entenderlos completamente para después poderlos enseñar.

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta)
Aprendizaje significativo.	
Motivación por aprender	
Adecuación de la metodología para todo tipo de alumnado, tanto para los modelos de alumnos tipo de clase como para los que, según informes psicopedagógicos, requieren necesidades educativas especiales.	

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

Las mayores dificultades que encontramos ante la elaboración de nuestra unidad didáctica fueron: el exhaustivo análisis realizado para la comprensión de los términos por su elevado nivel de abstracción, así como las concepciones erróneas adquiridas de la vida cotidiana y también por las explicaciones confusas de los docentes, ante la temática, que habíamos recibido previamente en nuestra vida académica.

También podemos destacar la manera de llevar a cabo la manipulación práctica, es decir, las ideas que debíamos desarrollar para poder plantear las actividades de manera eficiente y oportuna para el entendimiento de los alumnos y alumnas.

En las implementaciones prácticas, podemos destacar que las mayores dificultades se experimentaron a la hora de cerciorarnos de que realmente tanto los alumnos de la universidad como los del colegio, habían aprendido los términos que nos esforzamos por explicarles. Así pues, era más importante “el estado de estrés” que nos suponía el interrogante de saber o no saber si realmente habían entendido los términos en su totalidad, si se habían llegado a hacer una idea general de la temática tratada. No obstante, mediante la reflexión general final entre el pequeño grupo, la práctica de los talleres y la puesta en marcha del método socrático por nuestra parte como “docentes en prácticas” pudimos comprobar que realmente lo habían entendido.

Del mismo modo, como dificultades destacadas, debemos citar el transcurso de la realización de los talleres donde, por los nervios experimentados a la hora de explicitar una clase, es decir, a la hora de “hacer de maestras”, se nos olvidaba realizar algún experimento en su totalidad como, por ejemplo: acordarnos de realizar las medidas de las temperaturas del agua “fría y caliente” o dar la posibilidad a todos los componentes del grupo que experimentasen más en el transcurso de los talleres. Esto también fue debido a la concepción de ocupar el tiempo físico oportuno en cada parte de la implementación, es decir, de tener preocupaciones respecto a “las prisas” por ir “bien de tiempo”.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

Respecto a las diferencias que apreciamos entre la implementación práctica llevada a cabo en una aula universitaria y en otra de educación primaria (nivel de sexto) podemos destacar las características psicoevolutivas y cognitivas del alumnado de sexto de primaria, que determinaron una manera más específica de realizar las explicaciones de parte de las “maestras” -estudiantes de magisterio-, mientras los “alumnos universitarios”, debido a su madurez metacognitiva, a través de unas breves explicaciones sobre los términos abordados mediante la intervención práctica, entendían de manera más general las explicaciones realizadas sobre el tema abordado. No obstante, el interés, la motivación y la ilusión por aprender se podía comprobar en los dos climas de clase desarrollados.

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí

No

¿Por qué?

A parte de la utilidad por haber presentado la implementación de la propuesta didáctica en un aula de la universidad con nuestros compañeros de clase, podemos destacar que más que útil fue necesario ya que, de este modo, nos sentíamos más cómodas (por la confianza existente con/entre nuestros compañeros de clase, así como por entender que todos estábamos en las mismas circunstancias en cuanto se interpretaría tanto el rol docente –en nuestro caso- y el rol de alumnos). También porque fue un modo de “incorporarnos a” la tarea de enseñar” desde un ámbito donde nos sentíamos más seguras. En conclusión, la oportunidad de poder realizar la implementación práctica con nuestros compañeros y compañeras de clase fue una manera de prepararnos, “de romper el hielo” para atrevernos a llevarla a cabo en un aula real, con niños y niñas “de carne y hueso”, de sexto de primaria.

De las reflexiones de María se aprecia en la pregunta 9 como destaca el hecho de que antes del proyecto realizado no tenía claridad respecto al trabajo previo que se necesita para realizar una secuencia de aprendizaje y cómo la misma puede contribuir a un proceso de enseñanza-aprendizaje más asertivo cuando se realiza adecuadamente. Nótese que menciona que ahora conoce la importancia de conocer las ideas previas de los niños y niñas, el establecimiento de unos objetivos claros (aunque como mencionamos

más arriba, este aspecto ha de ser mucho más trabajado en esta estudiante), también menciona que ha tenerse una metodología clara de enseñanza y el papel del maestro como guía (que ella lo llama *conductor del aprendizaje*).

Aunque lo ha mencionado de forma general y no especifica a qué tipo de metodología se refiere, es interesante ver como al finalizar el proyecto, la estudiante se plantea como relevantes estos asuntos, para así trabajar en el aula los diferentes conceptos. Como bien se menciona en varios estudios (Shulman, 1986, 1989; Smith, 2002; Abell, 2007; Appleton, 2008; Gil et al., 2008; Forbes, 2009, 2013; Forbes y Biggers, 2012), la enseñanza en las facultades de formación de profesores y maestros no debe limitarse al discurso vacío de posibles metodologías de enseñanza innovadoras, sino permitir a los mismos estudiantes en formación participar del proceso de diseño, construcción, análisis, evaluación y revisión de secuencias de aprendizaje.

Para que en verdad experimenten y construyan ese conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986, 1989; Abell, 2007) o como se resalta en Furió y Carnicer (2002a): *“los profesores (en formación inicial o continuada) han de participar en la construcción de la ciencia de enseñar ciencias y, con su epistemología personal, han de apropiarse de manera significativa del conocimiento didáctico existente”*. Igualmente, María también menciona la relevancia de, como maestros, analizar y entender completamente los conceptos que se quieren enseñar. Aspecto también trascendental si lo que se desea es fomentar en los niños y niñas competencias científicas.

En esta misma línea, trabajos como los de Harlen (1997; 2010) y Harlen y Holroyd (1997) evidencian los problemas que los maestros de primaria tienen en algunos conocimientos científicos y tecnológicos y, el grado en que éstos están asociados con la falta de confianza para enseñar los mismos, sobre todo los conceptos relacionados con la física (energía, fuerzas, gravedad, luz, electricidad, temperatura) son los que varias veces les lleva a enseñar estos conceptos con equivocados recursos de enseñanza (inapropiadas analogías, ejemplos, mostrar mecanismos sin evidencia alguna, etc).

Así mismo, trabajos como los de trabajos de Abell y Roth (1992); Newton y Newton (2001) encontraron que los maestros de primaria con menos conocimientos sobre algunos conceptos científicos (basado en su bagaje científico formal adquirido durante su etapa como estudiantes) interactuaban menos con los estudiantes, hacían pocas preguntas causales y pasaban más tiempo centrando su discurso en el desarrollo del vocabulario y las descripciones de fenómenos o situaciones sin basarse en la evidencia, empezaban sus clases más tarde y terminaban pronto, usaban menos actividades prácticas y

confiaban más en lecciones basadas en el libro de texto. Lo que con regularidad tiene el efecto de limitar seriamente el aprendizaje de los niños(as).

Por otra parte, aunque en la misma línea anterior, vemos como en su reflexión sobre la pregunta 11 resalta como un proceso difícil la revisión y análisis de sus propias concepciones erróneas. Aspecto que como ya hemos mencionado en el marco teórico y como se menciona en varias investigaciones es fundamental crear las condiciones y espacios necesarios para cuestionar las creencias y el pensamiento docente espontáneo, dado que la epistemología particular de cada profesor influye en gran medida tanto en los contenidos que enseña como en cómo enseña (Porlán, 1994; Furió, 1995; Porlán et al., 1997, 1998; Furió y Carnicer, 2002b).

Otro de los aspectos que señala como difícil es a la hora de la implementación controlar el tiempo, ella misma reconoce que no daba a todos los integrantes del grupo la oportunidad de experimentar más en el transcurso de las actividades debido a *“la concepción de ocupar el tiempo físico oportuno en cada parte de la implementación, es decir, tener preocupaciones por ir bien de tiempo”*.

Discutíamos en el capítulo anterior, que esta preocupación excesiva de la mayoría de los maestros en formación al implementar su propuesta, al final repercutía en que no dejaran participar o discutir adecuadamente a los niños(as) durante las actividades realizadas; este es un punto que se debe aclarar y trabajar durante su formación, dado que lo realmente relevante no es el tiempo que pueda tardar una actividad sino que de verdad los niños(as) puedan aprovecharla para entender un concepto, discutir y experimentar poniendo a prueba sus ideas, porque al parecer sigue en sus mentes esa idea de tener que seguir, rigurosamente, un currículo establecido y marcado exclusivamente por tiempos a cumplir.

5.5.3 El caso de Clara

Según la matriz de valoración C-4 (ver tabla 8), su valoración numérica es de 2,62 sobre 3, lo que nos indica un dominio adecuado del modelo. Es decir, para esta maestra en formación notamos que, parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades, guía las mismas de manera que la participación de los alumnos fuese activa, permitiendo que expresaran sus ideas y dudas. Clara en particular, fue una de las maestras que más permitió la interacción de los niños(as) con los simuladores de acuerdo a las ideas que planteaban, a sus hipótesis y dudas.

Tabla 8: Cuestionario C-4 de Clara. Para valorar el uso del modelo de indagación

Equipo N°: 2		Integrantes: Clara		
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS		
		1	2	3
GESTIÓN DE LA CLASE	<u>Actividades de inicio:</u>			1
	Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).			1
	<u>Actividades de desarrollo:</u>			
	Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.			1
	Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.		1	
	Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.			1
	En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.			1
	En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.			1
	En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.			1
	El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.			1
EVALUACIÓN	<u>Realiza una valoración inicial que permite:</u>			
	Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.	1		
	<u>Realiza actividades de evaluación que permiten:</u>			
	Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.			1
	Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.	1		
CLIMA DE AULA	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).			1
	Motiva a sus estudiantes para que participen.			1
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.			1
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.			1
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.			1
	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.			1
ARGUMENTACIÓN	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.			1
	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.			1
MANEJO DE LA VOZ	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).			1
	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.			1
LA POSTURA ESPACIAL	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.			1
	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad			1
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda			1
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Evita estar estático con las manos en los bolsillos			1
	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.			1
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.			1
27 afirmaciones.		Escala 1-3: 71/27=2,62		2 12 57

Con lo que las intervenciones de los estudiantes se hicieron más enriquecedoras e interesante en su equipo y los niños(as) planteaban igualmente ideas más interesantes. Aunque, igual que ocurre con sus compañeras, al existir la preocupación interna de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión por pequeños equipos durante las actividades no se generó, su participación individual sí. Según el cuestionario final (C-6) en el que se recogen datos sobre la apropiación del modelo y reflexiones escritas en torno al proyecto trabajado durante el cuatrimestre, para Clara, se tienen los siguientes resultados:

5.5.3.1 Respecto al conocimiento de la disciplina

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8 (la estudiante no responde a la pregunta 7); así como también el cuestionario C-2⁷² (cuestionario en que se pide a cada uno de los estudiantes que realice un análisis de sus propias visiones

⁷². Lo mencionamos hasta ahora, porque, de este equipo, solo Clara y Almudena rellenaron este cuestionario y por tanto hasta ahora lo podemos incluirlo dentro de los análisis.

deformadas de la actividad científica, una vez han realizado lecturas y seminarios respecto a dichas visiones). Las respuestas de Clara son:

1. Explica 3 contenidos básicos que se logran abordar en la secuencia de aprendizaje diseñada por tu equipo.

En nuestra propuesta dialéctica se logra aprender que es la temperatura mediante diferentes recursos. Por ejemplo, el símbolo Δ que proyectamos en la clase ~~es~~ es el que se podría ver como al aumentar la temperatura el movimiento de las partículas es mayor y al disminuir la temperatura las partículas se movían más lentas. También, se logra aprender que es el calor realmente muchos de nosotros tenemos un concepto erróneo de ello y mediante ejemplos de nuestro vida diaria y experiencias se reconoce realmente que es el calor.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: "El moho puede estar produciendo una sustancia que mata a las bacterias". Se podría decir que esta frase es una:

A. observación B. hipótesis C. generalización D. conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Es una hipótesis porque Fleming hace una respuesta provisional a su problema.

Por tanto, se trata de una hipótesis en la que puede ser después desahucio una investigación para saber si su hipótesis es verdadera o falsa.

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta.

Se trata de un modelo por descubrimiento, mediante la observación el alumno debe sacar las conclusiones de forma autónoma e individual. Se le presenta una secuencia a seguir en la actividad y a partir de ahí el alumno debe sacar sus conclusiones a partir de la actividad con utensilios cotidianos.

¿Qué visión o visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades? ¿Son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta.

Nos encontramos con una visión descontextualizada de la ciencia, individualista-entista. Se observa la actividad en una habitación aislada donde no se ve gente trabajando en la actividad y se supone que se encuentra solamente el alumno. También encontramos otras visiones distorsionadas como la analítica y acumulativa, no se analiza el por qué se lleva a cabo esta actividad ni las repercusiones que puede tener. Además, también nos encontramos con una visión algorítmica, rígida y empiro-inductivista, se da como un resultado invariable que siempre dará así, infalible por medio de la observación, experimentación y descubrimiento.

Según podemos apreciar en sus respuestas a la pregunta 1, vemos como ha tenido dificultades para entender la pregunta, ya que describe más bien actividades para trabajar los conceptos más que la explicación solicitada, el único concepto que define como tal es el de temperatura, explicando el mismo como *al aumentar la temperatura el movimiento de las partículas es mayor y al disminuir la temperatura las partículas se mueven más lento*. Sin embargo, veremos como más adelante, en la pregunta 2 (donde se pide plantear los objetivos de aprendizaje de la propuesta).

Sí que explica claramente que el calor es *la transferencia de energía del cuerpo que se encuentra a mayor temperatura al cuerpo con menor temperatura*. Con lo que se puede afirmar que Clara tiene claridad respecto al concepto de calor, y expresa que existe cierta relación directa entre la temperatura y el movimiento de las partículas del cuerpo como puede verse también en la respuesta a la pregunta 2 relativa a los objetivos de aprendizaje (*‘la temperatura como el grado de movimiento de las partículas’*). Aunque no llega a relacionar el concepto de temperatura con la energía cinética promedio de las partículas, ni habla del equilibrio térmico en la definición de calor. Esto nos indica que Clara aún debe trabajar más en torno a los conceptos de calor, temperatura y energía porque es posible que aún presente dudas respecto a los mismos.

Respecto a las preguntas 6 y 8 vemos como identifica con claridad que la afirmación se trata de una hipótesis y, define la misma como *una respuesta provisional a un problema*, para la que después se puede desarrollar una investigación y *para saber si la hipótesis es verdadera o falsa*. En la pregunta 8, vemos como argumenta que la actividad mostrada pertenece al aprendizaje como descubrimiento ya que *“mediante la observación el alumno debe sacar las conclusiones de forma autónoma e individual. Se le presenta una secuencia a seguir y a partir de ahí el alumno debe sacar sus conclusiones”* característica que, como bien sabemos, pertenecen a este modelo educativo.

También presenta claridad respecto a algunas visiones deformadas de la actividad científica y cómo se pueden transmitir con las actividades que realizamos en el aula. Con lo que Clara, reconoce el problema de la transmisión de las visiones empiro-inductivista, rígida en el uso de actividades para enseñar ciencias, como bien apunta, se asume que sólo puede haber un resultado invariable e infalible que proviene de la observación y el descubrimiento. Además, identifica la visión descontextualizada ya que la actividad se plantea para realizar aisladamente, sin poder generar discusiones grupales y más bien el estudiante solitario debe llegar a una conclusión.

Por otra parte, producto del análisis metacognitivo (Cuestionario C-2), respecto a sus propias visiones deformadas de la actividad científica, Clara analiza sus propias visiones llegando a las siguientes conclusiones:

¿Qué visiones adecuadas de la ciencia tengo?

- 1- He logrado superar la visión individualista de la ciencia.
- 2- He logrado superar la visión descontextualizada.

¿Qué visiones distorsionadas de la ciencia tengo?

Visiones distorsionadas por acción	Explicación
- Visión elitista	<ul style="list-style-type: none"> • Porque siempre creí que era para listos, con alta inteligencia.
Visiones distorsionadas por omisión	Explicación
<ul style="list-style-type: none"> - Visión analítica - Visión acumulativa - Visión rígida y descontextualizada. 	<ul style="list-style-type: none"> • No sabía o conocía otra forma de tratar la ciencia. • Creía que todo conocimiento científico se acumulaba a lo ya conocido. • No creía que cabía la imaginación, la invención y la creatividad, y que la tecnología estaba por debajo de la ciencia.

En el análisis que Clara realiza, vemos como identifica su visión rígida y descontextualizada, dado que entendía que en la ciencia no cabía la imaginación o la creatividad, también menciona que antes pensaba que la tecnología era un subproducto de la ciencia. También reconoce que tenía una visión acumulativa dado que *creía que todo el conocimiento científico se acumulaba al ya conocido* y, finalmente reconoce que tenía una visión elitista dado que *siempre creía que la ciencia era sólo para listos*. como un producto aislado de la realidad y los problemas que se presentan.

Como visiones de la ciencia que no tiene, identifica que no presenta una visión individualista, si bien no explica por qué considera que ha superado la misma, en el análisis que hemos realizado de su cuestionario 1, en efecto da explicaciones acertadas sobre la importancia del trabajo en equipo dado que es la forma de compartir y debatir ideas. Sin embargo, no menciona en ninguna parte la visión empiro-inductivista, lo que nos indica que no lo tiene del todo claro o como mencionábamos en el apartado 5.2.1 hay dualidad dependiendo de la situación que analiza o discute y ella misma puede que haya notado esta dualidad y persista aún.

5.5.3.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14 (Clara no responde esta última pregunta). Las respuestas de Clara son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

- Diferenciar calor de temperatura.
- Reconocer que la temperatura es el grado de movimiento de las partículas.
- Reconocer que el calor es la transferencia de energía del cuerpo que se encuentra a mayor temperatura al cuerpo con menor temperatura.

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

En primer lugar, debo decir que los programas escolares no facilitan aprender ciencia de forma comprensible y coherente. Estos programas y parte del profesorado se centra en el aprendizaje memorístico y sin sentido de las ciencias y la tecnología.

En segundo lugar, las ciencias y la tecnología pueden tener una enseñanza y aprendizaje coherente y poder despertar curiosidad e interés en los estudiantes.

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta.

En mi propuesta didáctica utilizamos diferentes estrategias de aprendizaje. En primer lugar, utilizamos la estrategia de simulación. También, utilizamos el trabajo en equipo y debatir sobre las posibles soluciones de las preguntas que se planteaban (estrategia de procedimiento de la información).

Por otra parte, utilizamos experiencias.

Otra estrategia que utilizamos fue los TIC, al procesar la información en el proyecto, mediante las TIC ~~era~~ proyectábamos un simulador en el que al aumentar la temperatura los partículas se movían más deprisa. Con esto, planteamos diferentes preguntas a nuestros compañeros.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Puedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez, hayáis tenido vosotros mismos.

Todos pensábamos que cuando hacía calor era cuando sudábamos y cuando hacía frío era cuando se congelan las cosas. También, que el calor y el frío eran indicadores de mayor y menor temperatura.

Otra idea alternativa es que la temperatura es una propiedad de la materia, incluso en mi grupo se llegó a decir que esto es así, pero lo pude aclarar aclarar al decir que simplemente era el movimiento de las partículas y que este movimiento se medía con el termómetro.

Por otra parte, también creíamos que el calor era la transferencia de temperatura, pero el calor es la transferencia de energía del cuerpo que se encuentra a mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura.

De sus reflexiones a estas preguntas, podemos apreciar que Clara es la que mejor entiende cómo realizar objetivos de aprendizaje, es decir, presenta bastante claridad en el momento de determinar los mismos y lo que se pretende alcanzar de acuerdo a las ideas científicas que se quieren trabajar. En cuanto a las características del aprendizaje por indagación que identifica, realiza una reflexión interesante respecto a cómo los programas escolares no facilitan aprender ciencias de forma comprensible y coherente dado que, como afirma la estudiante: *estos programas y parte del profesorado se centran en el aprendizaje memorístico y sin sentido de las ciencias y la tecnología.*

Entendemos con esto último, y Clara lo explica en su reflexión, hace referencia a las características de cómo se trabaja en ciencia y tecnología realmente y la adaptación para la educación, es decir, *despertar la curiosidad e interés, la observación, análisis y comprensión de los fenómenos de la naturaleza y fomentar la actividad investigadora*. Igualmente menciona la necesidad de *reducir los contenidos para llevar a cabo una educación más comprensiva*; este aspecto, como bien defendemos en este trabajo, es uno de los pilares para poder lograr que los niños y niñas desarrollen realmente competencias científicas.

Es importante aprender a seleccionar las *“ideas principales o centrales de CyT”* (Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012) y discriminar entre aquello que es esencial y lo que no lo es, justificando la presencia de un contenido por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema y no por haber figurado tradicionalmente en los programas de enseñanza (Pedrinaci et al., 2012).

Tanto Clara como otras de sus compañeras y compañeros del equipo 1 menciona esta característica, lo que es muy significativo, dado que ver en sus reflexiones al finalizar del curso como centran la atención en estos aspectos, nos muestra la relevancia de innovar en los programas de formación del maestro(a) para que no sólo entiendan, sino discutan, analicen y comprendan el porqué de la importancia de empezar a realizar cambios en la manera tradicional de enseñar.

En cuanto a las estrategias de aprendizaje que identifica, menciona las herramientas de simulación con las que se permite trabajar con conceptos abstractos más fácilmente, trabajo en equipo y discusiones para llegar a una conclusión, aunque, como bien mencionábamos en el análisis de su implementación, este es un aspecto que ha quedado un poco en el aire porque las estudiantes (de magisterio) al tener la preocupación de cumplir con unos tiempos para las actividades, no permitieron el debate entre los grupos de niños, sí la participación individual. Finalmente menciona el uso de *experiencias*, al preguntar a la estudiante qué quería decir con ello, nos explica que habla de las experiencias prácticas o experimentos en los que los niños participan.

5.5.3.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de Clara son:

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

En este curso he aprendido hacer una propuesta didáctica mucho más elaborada que los anteriores años. Se trata de una propuesta didáctica en la que hemos planificado y elaborado clases con el fin de motivar y innovar en diferentes temas que podemos llevar a cabo en nuestro futuro como docentes.

También, hemos aprendido a redactar objetivos correctamente, identificar las variables de una hipótesis, comprender un texto y a realizar diferencias semánticas con el fin de aclarar la información.

Por otra parte, hemos mejorado nuestra visión de las ciencias y la tecnología. Muchos de nosotros teníamos una visión distorsionada en la que no dejaba ver las cosas que pueden aprendernos en el día a día.

Por fin último, debo decir que estoy muy satisfecho de este mejora hacia la educación científica y tecnológica y espero poder aplicar todos los conocimientos de este curso en un futuro.

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta)
Que los niños puedan participar con simuladores para entender conceptos abstractos.	El concepto de energía hay que verlo con más calma.
Mejorar la idea que tenemos sobre el calor y la temperatura porque tanto nosotros como los niños presentamos ideas erróneas	Una limitación importante es el tiempo.
Es una mejora hacia la educación científica y tecnológica	

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

La mayor dificultad para implementar una propuesta didáctica es tener todos los conceptos claros, de forma que ante cualquier duda que surgiera la pudiera solucionar. También, preparar todo el material (alguno difícil de encontrar), todas las fichas a realizar por los alumnos, revisándolas y reformulándolas. Es decir, la preparación previa por medio de esta metodología no es fácil, es un trabajo duro, pero con constancia y trabajo en equipo lo logramos, si no hubiésemos trabajado en grupo no creo que lo hubiésemos logrado. Otra gran ayuda fue el apoyo de las tutoras porque aclarábamos y avanzamos en el trabajo.

Y, por último, realizarlo todo con el tiempo justo y exacto, que como pudimos ver, nuestra propuesta excede el tiempo que marcamos para la clase y por tanto corrimos en algunas actividades, no deberíamos limitar el tiempo.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

Nuestros compañeros hacen las actividades más rápido y sus ideas se recogen con más facilidad, aunque la mayoría tenía las mismas ideas previas de los niños y las que habíamos investigado, así que al tener una mayor capacidad de procesamiento de la información se avanzaba más rápido. Con los niños hay que ir a su ritmo, que es bastante lento, y por tanto es importante que no se piense en el tiempo más que la calidad de la actividad

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

¿Por qué?

Creo que fue de gran ayuda porque pudimos ver qué había que mejorar en nuestra forma de introducir y realizar las preguntas y actividades, al principio estábamos nerviosas y nos costaba llevar bien las ideas que queríamos mostrar en el teatrillo, al tranquilizarnos fue mejor todo. Por otra parte, pudimos corregir errores tanto conceptuales como procedimentales que nos dimos cuenta estaban mal, por ejemplo, en la actividad de tomar temperaturas al agua fría y caliente, muchas veces no dejábamos que nuestros compañeros tomaran la iniciativa, sino que nosotras directamente mediamos la temperatura, eso es un error. Por tanto, al hacer la propuesta primero en la universidad aprendimos de nuestros errores y además, fue satisfactorio porque vimos como nuestros compañeros aprendían lo que es el calor y la temperatura y se sorprendían de ver las ideas alternativas que tenían, como nos pasó a nosotras mismas al inicio de curso, también porque vimos que se puede tener una enseñanza con sentido de la ciencia y tecnología con innovaciones como estas.

Como se puede apreciar en sus respuestas, destaca el hecho de que antes del proyecto no había realizado una propuesta didáctica con el fin de innovar en la enseñanza de las ciencias y así poder aplicar lo visto en el futuro como docentes. Este aspecto que menciona, como bien defendemos en este trabajo de investigación, nos indica la gran relevancia de apostar por una enseñanza en las facultades de magisterio que en verdad permita a los maestros(as) en formación desarrollar competencias docentes. E

Es decir, comprender y analizar el contenido a enseñar, tener la oportunidad de revisar su propia epistemología respecto a qué enseñar y cómo enseñarlo, desarrollar su propio conocimiento didáctico del contenido dado que de esta forma es como se puede lograr una mejora en la calidad de la enseñanza. No en vano, desde hace más de 10 años se vienen exponiendo en diferentes trabajos de investigación la necesidad de repensar la enseñanza en las aulas de magisterio.

Por ejemplo, en estudios realizados en otras comunidades autónomas, Martínez-Chico et al. (2014a) destaca que en los planes de estudio actuales existe una diversidad enorme en la carga académica propuesta para las asignaturas en didáctica de las ciencias en distintas universidades, en los que puede variar desde los 15 a 24 créditos totales, de un total de 240 créditos del grado. Encuentra en su trabajo que los diferentes formadores deben tomar decisiones sobre qué enseñar de didáctica de las ciencias a los futuros maestros y seleccionar, en teoría, lo imprescindible para acomodarlo al tiempo disponible, que en algunos casos es bastante reducido (48 h).

En el marco teórico también mencionábamos trabajos como los de García (2003) donde se menciona que en los planes de estudios de magisterio hay una abultada presencia de materia psicopedagógicas y educativas, excesiva y atomizada, con una ausencia casi total, en la mayoría de las universidades, de contenidos disciplinares de cualquier tipo, imprescindibles para el futuro maestro y que esto solo podría terminar en una elevada ignorancia científica y cultural del futuro maestro, lo que, desde luego, no facilita una enseñanza de calidad.

Lo mismo parece ocurrir en otros países, donde diferentes estudios han mostrado que los propios docentes universitarios a menudo cuestionan la pertinencia de los programas de formación, por ser demasiado abstractos y teóricos y desarrollarse de manera descontextualizada y alejada de las aulas (Darling-Hammond et al., 2005a; 2005b). La estudiante menciona además la mejora que, considera, ha tenido respecto a las visiones de ciencia y tecnología dado el análisis constante de las visiones distorsionadas de la actividad científica y la enseñanza de las ciencias que se han realizado durante el curso.

Así mismo habla de la importancia de conocer las ideas previas tanto de los niños como de los mismos maestros en formación porque ambos presentan ideas erróneas respecto a los conceptos científicos y es necesario revisar y analizar las mismas. En la misma línea, reconoce que el proyecto realizado no es tarea fácil y requiere de una previa preparación en diferentes ámbitos, pero recalca que haber trabajado en equipo y recibido apoyo durante las tutorías ha permitido sacar a delante dicho proyecto. Todas estas reflexiones son destacables, ya que es otro pequeño indicio de la necesidad de transformar la enseñanza

en las aulas de magisterio para que los futuros maestros en verdad salgan, al terminar su carrera, con herramientas que les ayuden a enseñar mejor y por tanto favorezcan el aprendizaje de los niños y niñas.

5.5.4 El caso de Almudena

Según la matriz de valoración C-4 (ver tabla 9), su valoración numérica es de 2,4 sobre 3, lo que nos indica un dominio adecuado del modelo. Es decir, para esta maestra en formación notamos que, parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas de manera que la participación de los alumnos fuese activa, permitiendo que expresaran sus ideas, dudas y experimenten en las actividades. Pero, igual que ocurre con sus compañeras, al existir la preocupación de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión por pequeños equipos durante las actividades no se generó, sí su participación individual sí.

Tabla 9: Cuestionario C-4 de Almudena. Para valorar el uso del modelo de indagación

Equipo N°: 2		Integrantes: Almudena					
ASPECTOS A EVALUAR		INDICADORES DE LOGRO DE LA COMPETENCIA DOCENTE EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS			1	2	3
GESTIÓN DE LA CLASE	M E T O D O L O G Í A	<u>Actividades de inicio:</u>					
		Prepara con antelación todos los materiales necesarios para las actividades, disposición del aula, fichas de registro de datos para los niños, fichas de evaluación, recursos TICS (prueba los mismos para comprobar su correcto funcionamiento).				1	
		<u>Actividades de desarrollo:</u>					
		Brinda instrucciones claras y concretas sobre la forma como se realizarán las actividades.				1	
		Se observa un hilo conductor claro en las actividades que le propone a los niños y niñas.				1	
		Hace uso de TIC's en las actividades que plantea a las niñas y niños para ayudarles a comprender los contenidos científicos trabajados, sobre todo si en sus actividades se requiere de modelos complejos de explicación (partículas, velocidad de las partículas, presión, evaporación, cambios de estado, energía, etc.): usa simulaciones sencillas, programas de experimentos de fácil uso, etc.				1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos expresar sus ideas funcionalmente (ya sean alternativas o no) y el maestro(a) las utiliza para realizar la actividad.				1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos hacer preguntas, generar hipótesis, cuestionar los resultados y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.				1	
		En el transcurso de las actividades planteadas, se ha permitido a los alumnos discutir con sus compañeros, analizar, apuntar resultados, concluir y se ha brindado el tiempo suficiente para ello.	1				
		El maestro evita dar la explicación rápida de un concepto y, por el contrario, contribuye a que los alumnos cuestionen y discutan. Guía la discusión con preguntas asertivas para que sean los mismos alumnos los que expliquen con base en las evidencias obtenidas a partir de la actividad realizada.				1	
		E V A L U A C I O N	<u>Realiza una valoración inicial que permite:</u>				
			Identifica concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pueden ser transmitidas/reforzadas con las actividades a realizar.	1			
<u>Realiza actividades de evaluación que permiten:</u>							
Acompañar las actividades de aprendizaje con actividades de evaluación/autoevaluación que ayudan a las niñas y niños a identificar sus logros y dificultades.					1		
CLIMA DE AULA	Realizar una adecuada recapitulación (síntesis) del trabajo realizado, en particular, cuando se ha resuelto el problema establecido.						
	Afronta de forma asertiva posibles problemas de actitud de sus estudiantes (sin perder la calma y sin hacerlo sentir mal o incómodo).						
	Motiva a sus estudiantes para que participen.						
	Propicia un ambiente de trabajo colaborativo entre los niños y niñas.						
	Reconoce los aportes de los niños y niñas y promueve este reconocimiento entre sus compañeros.						
	Evita "poner en evidencia" ante la clase a aquellos estudiantes que se equivocan o que no logran realizar de forma acertada las actividades.						
	Crea un ambiente de cordialidad y de respeto.						
ARGUMENTACIÓN	Expone sus ideas, instrucciones e información de forma clara y concreta.						
	Justifica con fundamento sus afirmaciones y responde satisfactoriamente a críticas mediante juicios argumentados.						
MANEJO DE LA VOZ	Responde a las preguntas que se le formulan teniendo en cuenta el nivel cognitivo de sus alumnos(as).						
	Utiliza un lenguaje fluido, rico en matices y sinónimos.						
LA POSTURA ESPACIAL	Realiza pausas adecuadas entre frase y frase.						
	Mantiene una postura erguida, demostrando seguridad						
	Evita caminar demasiado de un lado a otro o dar la espalda						
LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO	Evita estar estático con las manos en los bolsillos						
	Mira a los interlocutores a los ojos sin descuidar a ninguno de ellos.						
	Muestra una expresión amable y genera una actitud positiva y de calma a sus interlocutores.						
		27 afirmaciones. Escala 1-3: 65/27=2,4			2	24	39

Según el cuestionario final (C-6) en el que se recogen datos sobre la apropiación del modelo y reflexiones escritas en torno al proyecto trabajado durante el cuatrimestre, en Almudena se presentan los siguientes resultados:

5.5.4.1 Respeto al conocimiento de la disciplina

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 1 y 6 a 8; así como también el cuestionario C-2 (cuestionario en que se pide a cada uno de los estudiantes que realice un análisis de sus propias visiones deformadas de la actividad científica, una vez han realizado lecturas y seminarios respecto a dichas visiones). Las respuestas de Almudena son:

1. Describe las nociones básicas que se podrían llegar a comprender con tu propuesta de aprendizaje.

Temperatura: es la medida del movimiento de las partículas.

Calor: transferencia de la energía de un cuerpo que tiene mayor movimiento de las partículas al cuerpo con menor movimiento de las partículas.

Tipos de energía que tienen las partículas: la cinética y la potencial.

Cinética: cuando un cuerpo tiene un movimiento respecto a otro.

Energía potencial: cuando un cuerpo tiene una altura respecto a otro cuerpo.

6. Alexander Fleming estaba estudiando cultivos bacterianos cuando decidió descansar un mes. Tras regresar de su descanso, observó que muchos cultivos se habían contaminado con un moho y se dio cuenta que alrededor del hongo contaminante no crecían las bacterias. Fleming escribió en su informe de laboratorio: *“el moho puede estar produciendo una sustancia que mata las bacterias”*. Se podría decir que esta frase es una:

A. Observación B. hipótesis C. Generalización D. Conclusión

Justifica tu respuesta (Pregunta tomada de PISA)

Se trata de una hipótesis, puesto que Fleming no estuvo observando los cultivos de manera rigurosa durante todo ese mes. Tras regresar de dicho descanso, observa un hecho que se ha producido en su ausencia y formula una hipótesis sobre lo que puede estar ocurriendo. Se trata de una posibilidad ante la ausencia de bacterias al redor del hongo. A partir de ese momento dicha hipótesis se convierte en la focalizadora de su investigación y de futuros conocimientos.

7. Lee la siguiente afirmación: *“El conocimiento científico, siempre necesita la realización de experimentos realizados en un laboratorio para desarrollarse”*. Consideras correcta esta afirmación, justifica tu respuesta.

Esta afirmación no es válida porque se cae en una de las visiones distorsionadas de la ciencia como es la empiro-inductivista. Dicha visión muestra la ciencia como un trabajo desarrollado única y exclusivamente en el laboratorio en el que el científico observa y experimenta en busca del feliz descubrimiento. Se sitúa como elemento central del supuesto método científico.

8. La siguiente actividad sobre los cambios químicos y físicos de la materia, ha sido propuesta en un libro de 5º de primaria. Léela detenidamente y contesta las preguntas que encontrarás a continuación.

¿A qué modelo educativo corresponde esta actividad? Justifica tu respuesta

Esta actividad corresponde al modelo educativo de aprendizaje por descubrimiento. Se le plantea al alumno un experimento a realizar en el laboratorio, se le dan 3 instrucciones diferentes para que observe, anote sus observaciones en el cuaderno e intente llegar a alguna conclusión, pero sin ningún otro tipo de información, de manera que al alumno le va ser muy difícil llegar a un conocimiento científico adecuado.

El profesor a través del libro de texto, propone al alumno la realización del experimento, pero es el alumno, por sí solo el que debe llevarlo a cabo y extraer sus propias conclusiones, pues el profesor no interactúa y se mantiene al margen del proceso.

Se trata de una actividad práctica que por sí misma no va a generar efectos radicales en el aprendizaje del alumno, en primer lugar porque en ningún momento se tiene en cuenta las ideas previas, y en segundo lugar porque sin la complementación del experimento y la orientación por parte del docente con el conocimiento teórico necesario, el estudiante va a alcanzar un aprendizaje disperso, distorsionado y repleto de errores conceptuales.

¿Qué visiones de ciencia se transmite(n) al estudiante con este tipo de actividades? ¿son adecuadas estas visiones? Justifica tu respuesta

Visión descontextualizada: no hay relación entre el experimento planteado y la vida cotidiana de los alumnos, por lo que no van a entender la ciencia como útil y cercana a ellos. Visión empiro-inductivista y ateórica: se plantea la ciencia como un trabajo realizado únicamente en el laboratorio donde el científico observa y experimenta.

Visión rígida e infalible: el experimento se presenta como una secuencia de instrucciones a seguir ya definidas de forma ordenada y progresiva que, mediante la observación de un fenómeno, pretende llegar a un conocimiento científico objetivo y exacto, pero que no tiene en cuenta en ningún momento la creatividad, la duda ni la imaginación del alumno, así como tampoco la posibilidad de que los resultados obtenidos sean revisados.

Visión aporética y ahistórica: pues no se ofrece el origen del problema que ha llevado al planteamiento del experimento y por lo tanto no se ve la relación entre la ciencia y la vida cotidiana del alumno. No se muestra el conocimiento científico como respuesta a un problema social originario, cosa que al alumno lo va a llevar a considerarlo como que nada tiene que ver con él.

De sus reflexiones, podemos ver que los conceptos trabajados en su secuencia no están lo suficientemente claros, sobre todo en los de temperatura y energía potencial. Respecto al concepto de temperatura lo define utilizando el modelo corpuscular de la materia identificándola equivocadamente con el de la medida del movimiento de las partículas y de ahí que coherentemente en la definición del concepto de calor utilice la misma frase 'movimiento de partículas' en lugar de la idea de temperatura.

Hay trabajos específicos sobre revisiones de ideas previas que han detectado la identidad de la temperatura con la velocidad de las partículas en el 20% de estudiantes de 2º y 3º curso de Magisterio (Domínguez-Castiñeiras et al, 1998) y, también, en otros trabajos donde se identifica la temperatura con la energía (Kesidou y Duit, 1993). También en tesis doctorales como, por ejemplo, Nunes (2003, p. 114), se comenta como idea alternativa, como hace Almudena, que *'la T es una medida del movimiento de las partículas'* (suponemos que, en general, se refiere a la velocidad de las partículas) pero, al menos, trata de definir temperatura desde un punto de vista submicroscópico, relación que no establecen sus compañeras.

Ahora bien, es incorrecta desde el punto de vista científico decir que *'T es la medida del movimiento, o, también, de la velocidad de las partículas'*. En cambio, no lo sería decir que *'la temperatura está relacionada, entre otras variables, con el movimiento o la agitación de las partículas'*. Por otra parte, al definir el concepto de calor Almudena no menciona el detalle de que la transferencia de energía entre los dos cuerpos, inicialmente a distintas temperaturas y concluye cuando se alcanza el equilibrio térmico. Lo que nos indica que este aspecto debe ser más trabajado con esta estudiante ya que es de gran relevancia.

Respecto a las preguntas 6 a 8, Almudena reconoce las características de una hipótesis y la define como *"una posibilidad sobre lo que puede estar ocurriendo"* y justifica que las mismas han de servir posteriormente como *"focalizadora de una investigación y de la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos científicos"*, con lo que podemos decir que tienen claridad respecto a lo que es una hipótesis y su papel dentro de la actividad científica. En su respuesta a la pregunta 7, vemos como identifica que los experimentos no son la única forma para desarrollar conocimientos científicos y aunque no identifica otros métodos que validen los mismos, sí que realiza un análisis muy correcto respecto al tipo de visión distorsionada de la ciencia que implica esta afirmación.

Almudena argumenta en la pregunta 7 que se trata de una visión empiro-inductivista ya que muestra la ciencia como un trabajo desarrollado única y exclusivamente en el laboratorio en el que el científico observa y experimenta...la experimentación se sitúa como elemento central del supuesto método científico". En la pregunta 8, vemos como identifica con claridad que la actividad pertenece al modelo por descubrimiento y argumenta como este tipo de actividades no tienen mucho sentido dentro del aprendizaje de las ciencias ya que sólo *"se dan instrucciones para observar, anotar observaciones e intentar llegar a alguna conclusión, pero sin ningún otro tipo de información...en ningún momento se tiene en cuenta sus ideas previas, orientación por parte del docente y así el estudiante va a alcanzar un aprendizaje disperso, distorsionado y repleto de errores conceptuales"*.

Así mismo, identifica y explica con claridad las visiones distorsionadas de la ciencia que pueden transmitirse con este tipo de actividades. En conclusión, en comparación con las respuestas al cuestionario 1 que se realizó a inicio de curso, vemos como Almudena expresa claridad respecto a las ideas principales de NdC que como maestra debería tener en cuenta y, en particular se ha visto una evolución bastante interesante respecto a su visión empiro-inductivista de la ciencia, ya que al inicio de curso, pensaba que la mera observación es un método para validar el conocimiento científico y ahora argumenta claramente que ello hace parte de una visión distorsionada de la ciencia.

De otro lado, producto del análisis metacognitivo (Cuestionario C-2), respecto a sus propias visiones deformadas de la actividad científica, Almudena analiza sus propias visiones llegando a las siguientes conclusiones:

¿qué visiones distorsionadas de la ciencia tengo?	
Por acción	¿por qué?
Descontextualizada	Pensaba que la ciencia no tenía que ver con creencias, con intereses económicos y políticos, me imaginaba que era muy objetiva. Además, pensaba que la tecnología no era un campo en sí y creía que era una aplicación de la ciencia
Por omisión	
Rígida	No sabía que la ciencia es inexacta.
Aproblemática y ahistórica	Sí sabía que los científicos partían de un o varios problemas para generar conocimiento científico, pero no había pensado que también es importante todo el desarrollo histórico anterior relacionado con ese conocimiento científico.
Empírico-inductivista	Pero sólo porque pensaba que la observación era un elemento central del supuesto método científico, ahora sé que no.
¿qué visiones distorsionadas de la ciencia no tengo?	
Elitista-individualista	Supe identificar que los conocimientos científico no se logran individualmente, hay equipos de trabajo y no sólo es para genios.

En el análisis que Almudena realiza, vemos como existen concordancia con respecto a las visiones deformadas de la ciencia que identifica en las preguntas 7 y 8 así como también con respecto al análisis que realizamos de su cuestionario 1. Lo que nos indica que Almudena durante el curso ha evolucionado positivamente respecto a sus ideas sobre NdC. Como vemos, justifica con claridad que antes pensaba que la ciencia era siempre exacta y objetiva, lo que se corresponde con una visión rígida de la misma. Menciona también que tenía parte de la visión descontextualizada en la medida que asumía que no era afectada por creencias o la política y dado los análisis y reflexiones realizadas durante el cuatrimestre analiza que antes creía que la tecnología estaba subordinada a la ciencia.

5.5.4.2 Respecto al conocimiento del modelo de aprendizaje como indagación

Este aspecto lo valoramos teniendo en cuenta las preguntas 2 a 5 y 14. Las respuestas de Almudena son:

2. Enumera, como mínimo, 3 objetivos de aprendizaje que se podrían lograr con vuestra propuesta de aprendizaje.

- Describir los conceptos de calor y temperatura.
- Reconocer la energía como propiedad interna de los cuerpos.
- Clasificar los tipos de energía en cinética y potencial

3. ¿Qué características del aprendizaje por indagación crees que habéis trabajado en vuestra propuesta? Argumenta tu respuesta.

Antes de realizar la propuesta, tuvimos en cuenta las ideas previas que se suelen tener en los conceptos de energía, calor y temperatura. Estas ideas de estos conceptos normalmente son erróneas fruto de la experimentación de los sentidos, del

intento a las explicaciones a los fenómenos, así como también, la explicación de los maestros que caen en el error de seguir el libro de texto sin un analizarlo primero y comprobar que muchas veces estas explicaciones están abordadas de forma incorrecta. En algunos libros de texto de primaria que analizamos pudimos ver que algunos introducen conceptos erróneos o sin tener relación, como, por ejemplo, mezclan los tipos de energía con las fuentes o nombran la temperatura sin hacer ninguna explicación. Por ello, es necesario que el maestro tenga la tarea de fundamentarse en estos conceptos antes de enseñárselo a sus alumnos porque si no se tienen realmente claro no se puede llevar una buena explicación para que los alumnos aprendan.

Mediante la implementación practica llevada a cabo, se ha tenido en cuenta las ideas alternativas de los alumnos para llegar a una conclusión mediante una reflexión en grupo. En este caso, el maestro es un guía en el aprendizaje de los alumnos y estos son los que intentan llegar al conocimiento a través de las preguntas que realiza el maestro, o ellos mismos y, las diferentes actividades realizadas. De esta forma, el aprendizaje es activo por parte del alumno comunicando en todo momento sus dudas, sus reflexiones y sus pensamientos sobre el tema, aunque tenga ideas erróneas. En este sentido, el profesor siempre anima a que participen todos los alumnos y dándoles confianza para que se expresen, valorando siempre sus aportaciones, aunque no sean del todo ciertas porque esto es lo que generará un debate en el que los alumnos participen.

Otro aspecto a tener en cuenta es el vocabulario utilizado, ya que se ha de intentar utilizar un vocabulario lo más sencillo posible dentro de las posibilidades. En cambio, si el profesor se limita a explicar las nociones básicas con un vocabulario técnico en el que los alumnos estén aprendiendo de forma pasiva no les motivará a aprender y además, será un aprendizaje poco significativo. Es importante que los alumnos aprendan de forma significativa porque de esta manera interiorizan realmente lo que se quiere enseñar y así puedan relacionarlo con su vida diaria, dando importancia aquello que están aprendiendo. Además, otro aspecto importante es la cooperación de todo el grupo para aprender de forma colectiva, de manera que estaremos atendiendo a la diversidad ya que, los alumnos aprenden a ayudarse y expresan sus ideas sin miedo a decir lo que piensan. Los alumnos llegan a la conclusión a partir de las aportaciones de los compañeros de clase y mediante las constantes preguntas reflexivas que emite el maestro.

También, se ha de tener en cuenta el estado psicoevolutivas de los alumnos. Según la ley que regula el currículo, este tema se puede implementar en los tres ciclos de primaria, pero si atendemos al estado psicoevolutivas de los alumnos podremos observar que dado que es un tema donde los conceptos son más complejos, con nuestro grupo pensamos que es mejor llevarlo a cabo en el último curso de primaria. Para llegar a esa conclusión observamos que en las edades de once y doce años están incluidos en el estadio de las operaciones formales según Piaget. En este estadio, los alumnos son capaces de formular pensamientos realmente abstractos, o un pensamiento de tipo hipotético deductivo. La realidad es sólo un subconjunto de las posibilidades para pensar. No obstante, si nos empeñamos en implementar esta propuesta en niveles educativos inferiores que responden a estadios en los que la realidad es lo que prevalece en todos los casos en consecuencia, los conceptos planteados en la propuesta no pueden ser entendibles ni comprendidos en estas edades.

4. ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje han sido utilizadas en la secuencia que habéis diseñado? Argumenta tu respuesta

Al inicio de la implementación práctica los alumnos se encuentran fuera del aula y las dos presentadoras salen de la clase con un gorro de bufón. De esta forma, estaremos captando la atención de los alumnos e intriga haciendo así que estén motivados por aprender. Después, al pegarles unas pegatinas de cuatro elementos (banco, persona, perro y árbol) y así, haremos que también se pregunten porqué cada uno lleva una pegatina. Cuando entran al aula hay una música de fondo para contextualizar el teatro y antes de empezar el teatro las directoras presentan el teatro con voz animada y recalando que es importante que estén atentos durante el teatro. El teatro también es una estrategia para captar su atención mediante los diálogos y después de finalizar, las directoras empiezan un debate en el que animan a participar a los alumnos, induciéndoles incluso al error.

En el teatro intervienen otro tipo de estrategias como, por ejemplo, elementos visuales, es decir, imágenes o videos en el proyector, para así visualizar mejor aquello que se está tratando como, por ejemplo, cuando recordamos los diferentes estados de la materia y el constante movimiento de las partículas que contiene cada una de ellas.

La ficha también nos permite saber que ideas alternativas tienen los alumnos antes de experimentar con los ejercicios, así como también darnos cuenta de que realmente han llegado a una conclusión y lo han entendido correctamente.

El hecho de hacer grupos y experimentos diferentes hace que los alumnos trabajen colectivamente y cooperando en su aprendizaje. Esta estrategia es una de las más importantes en esta implementación ya que, a través de las aportaciones de todos los alumnos se construye el conocimiento (lluvia de ideas). Además, la constante formulación de preguntas por parte del maestro y los mismos alumnos hace que piensen, generen hipótesis, expresen sus experiencias, reflexiones, dudas y construyan su aprendizaje por ellos mismos.

Las herramientas TICs como los simuladores también es una estrategia de las más importantes en esta implementación ya que, a través de la manipulación y las aportaciones de todos los alumnos se podían entender mucho mejor los conceptos.

5. Describe como mínimo, 3 ideas previas que se suelen tener en torno al tema de vuestra propuesta. Fuedes describir las que suelen tener los niños y niñas o las que, tal vez hayáis tenido vosotros mismos.

- La temperatura es cuando tengo 39 grados.
- Cuando hago ejercicio me quedo sin energía. Por ejemplo, "Voy a parar de correr porque me he quedado sin energía".
- Los cuerpos se "calientan" cuando le da el sol. Por ejemplo, el banco de la calle está "caliente" porque hay mucho sol.
- En una habitación un material tiene más temperatura que otro. Por ejemplo, un plato de la cocina tiene menos temperatura que una bandeja de metal.

14. ¿Consideras que la secuencia implementada ha contribuido al aprendizaje de tus alumnos en la escuela?

Sí

No

¿Por qué?

Después de realizar la implementación nos dimos cuenta de que los alumnos habían aprendido de forma significativa y efectiva los conceptos que en un principio son muy complejos para entender. Pudimos experimentar en las miradas y en sus aportaciones que realizaban que los niños, sintiéndose motivados y protagonistas de su aprendizaje. Había alumnos que no querían que se terminase la clase porque decían que estaban aprendiendo mucho. Esto nos da a entender que es una manera diferente de llevar a cabo una clase sin hacer uso de una metodología tradicional y poco motivadora que lleva al fracaso muchos estudiantes. Además, el hecho de integrar a todos los alumnos de la clase fue un aspecto que me llamo mucho la atención ya que, en mi grupo tenía a un alumno un poco tímido o con más dificultades que al preguntarle se sentía importante y ver que no pasaba nada si se equivocaba.

La verdad es que esta propuesta nos ha llevado muchas horas de trabajo y personalmente mucho estrés porque, al principio para mí fue muy difícil cambiar la idea que tenía de los conceptos, entenderlos y pensar en las actividades para lograr un aprendizaje significativo. Hemos realizado mucho trabajo, pero ha valido la pena dedicar estos esfuerzos y enseñarnos a ser realmente maestras desde una perspectiva diferente en la que los alumnos aprenden por ellos mismos.

Como podemos ver en su respuesta a la pregunta 2, Almudena, aunque redacta de forma correcta objetivos de aprendizaje, menciona que uno de los objetivos de la secuencia se trata simplemente de *describir los conceptos de calor y temperatura*, lo que, en realidad, es un objetivo bastante simple de acuerdo al proyecto realizado. Así mismo, expresa que uno de los objetivos que se pueden lograr con su secuencia de aprendizaje sería *clasificar los tipos de energía en cinética y potencial*. Si bien es cierto que para tener claro el concepto de energía interna ha de reconocer y entender estos dos tipos, con los niños(as) en ningún momento se consideró trabajar estos conceptos.

Lo que nos indica que la estudiante aún ha de revisar la finalidad y claridad que ha de tenerse para plantear objetivos de aprendizaje que son los que guiarán las actividades a realizar en el aula. En cuanto a las preguntas 3 y 4 vemos como sí que menciona las

demás características imprescindibles para trabajar en el aula la indagación como modelo de aprendizaje, menciona desde la consideración de las ideas previas, conocer adecuadamente los conceptos a enseñar, partir de preguntas o dudas bien sea estipuladas por el maestro o por los niños y de acuerdo a ellas dirigir actividades, la participación activa del alumno(a). Incluso menciona la necesidad de reflexionar y analizar los conceptos que los libros de textos muestran ya que, ellas mismas al hacer una revisión, encuentran bastantes errores respecto a los mismos.

Almudena también menciona que ha de tenerse en cuenta el estado psicoevolutivo de los alumnos, dado que los conceptos complejos es mejor trabajarlos con los niños y niñas más mayores de acuerdo a los estadios de las operaciones formales según Piaget. Si bien es cierto que ha de tenerse en cuenta cómo construyen sus ideas los niños(as) en diferentes etapas de su desarrollo cognitivo, hemos de resaltar que ello no ha de tomarse como regla inamovible, como se ha visto en trabajos como los de Metz (1995, 1997) se hace necesario superar ciertas “generalizaciones y concepciones” sobre lo que un niño puede o no hacer en su etapa escolar inicial, ya que con frecuencia los programas de educación primaria hacen hincapié en lo "concreto", con un enfoque en los procesos de observación, el orden y clasificación de lo directamente perceptible.

Dentro de este enfoque, las ideas abstractas, la planificación de posibles indagaciones y el análisis de sus resultados son en gran parte relegados hasta los grados superiores, y todo ello, debido a las supuestas restricciones de desarrollo en el pensamiento de los niños propuesta por Piaget, que aún siguen teniendo mucho peso en las concepciones docentes sobre enseñanza. Tanto los trabajos de Metz como otros estudios al respecto (Schwarz et al., 2007, 2009a; Zembal-Saul, 2009; Minner, 2010) afirman que los niños que vienen a la escuela tienen la capacidad cognitiva para involucrarse en el aprendizaje de las ciencias más allá de la simple descripción de sus observaciones.

Otro de los aspectos que resalta Almudena es el uso de las TIC (los simuladores) que la estudiante resalta como uno de los más importantes ya que a través de la manipulación y las aportaciones de todos los alumnos se podían entender mucho mejor los conceptos. Realmente los conceptos de calor y temperatura se entienden mucho mejor con herramientas como estas, pero, teniendo en cuenta que previamente es necesaria la preparación del maestro para que se pueda sacar de ellas el máximo provecho y sirvan de verdad como herramientas didácticas para favorecer el aprendizaje. Como bien se ha mostrado en estudios como los de (Cabero, 2010; Domingo y Marquès, 2011) en España, las TIC amplían la oferta informativa y posibilidades para la orientación y tutorización, eliminan barreras espacio-temporales, facilitan el trabajo colaborativo y el autoaprendizaje,

potencian la interactividad, la flexibilidad en el aprendizaje y facilitan la creación colectiva de conocimiento.

Sin embargo, todo ello no es posible si no se forma adecuadamente a los futuros maestros(as), ya que en otros estudios (Gutiérrez et al., 2010; Roblizo y Cózar, 2015) también se muestra que los estudiantes de magisterio, pese a pertenecer a una generación explícitamente involucrada en las nuevas tecnologías, suelen tener insuficientes conocimientos y actitudes -en muchos casos negativas o de temor-, hacia las TIC. También, como usuarios habituales de nuevas tecnologías ignoran su potencial didáctico y las posibles formas de integración en los currícula de la enseñanza obligatoria.

La posibilidad de considerar las TIC como medios de expresión creativa, de participación democrática, queda lejos de las percepciones de los actuales estudiantes de Magisterio y por ello, es importante una mayor incidencia en la formación inicial de los maestros para conseguir con éxito la integración curricular de las TIC en la educación básica, ya que es éste el momento ideal para predisponer positivamente a los maestros hacia la integración curricular de las TIC y hacia la alfabetización digital.

5.5.4.3 Percepción sobre el posible desarrollo de la competencia docente

Se valora teniendo en cuenta las preguntas 9 a 13. Las respuestas de Almudena son:

9. ¿Qué consideras que has logrado aprender a hacer durante el cuatrimestre? Es decir, explica en qué aspectos ha logrado contribuir en tu formación el trabajo que has realizado durante el cuatrimestre.

Antes no sabía: conceptual, metodológico, actitudinal.	Ahora se:
Documentarse y comprender antes de dar un tema.	Para planificar un tema hay que comprender muy bien y documentarse entorno a los conceptos que se quieren enseñar. Si el maestro no tiene claro lo que enseña no podrá realmente conseguir que sus alumnos lo aprendan. Tampoco se conseguirá enseñar bien si primero no analizamos las visiones distorsionadas que tenemos sobre cómo enseñar y sobre la misma forma en que se desarrolla la ciencia y la tecnología
Algunos libros de texto están equivocados.	Tras analizar algunos libros de texto de primaria (editorial SM y Vicens Vives) hemos observado que hay conceptos erróneos
Que primero hay que partir de las ideas alternativas que tienen los alumnos.	No sabía la importancia de conocer las ideas alternativas que tienen los alumnos sobre los conceptos que se tratan. De esta forma, los alumnos pueden ligar aquello que saben con la nueva información modificando su conocimiento en el caso de que sus ideas alternativas sean erróneas.
La formulación de preguntas para que los alumnos por sí mismos puedan dar ideas de cómo resolver esas preguntas y así generar el aprendizaje.	Hasta ahora no le había dado la importancia a la formulación de preguntas para que el alumno pueda expresar lo que piensa y pueda construir conocimiento ayudándose tanto de sus compañeros como de la constante guía de un maestro. Añadir, que en el periodo de las practicas es donde realmente me di cuenta de la importancia de esta formulación de preguntas ya que, la tutora cuando los alumnos le preguntaban alguna duda, la tutora les respondía con la respuesta y sin explicación, ellos memorizaban y luego olvidaban lo que les habían dicho.

La evaluación del alumno por parte de la maestra y la evaluación de la tarea docente.	Es necesario la evaluación del proceso enseñanza – aprendizaje de los alumnos, pero también es importante evaluar si la implementación de la propuesta ha sido efectiva. Esto nos proporciona mucha información en los aspectos que han sido beneficiosos para el aprendizaje y otros que han fallado y que pueden mejorarse.
El aprendizaje cooperativo y la atención a la diversidad.	Los beneficios que se logran a través de un aprendizaje cooperativo donde todos aportan ideas entorno a la propuesta. Así, todos, sin excepción se expresan y de esta forma estaremos atendiendo a todos los alumnos incluido los alumnos con dificultades. Si no se propicia un ambiente de aprendizaje cooperativo dado que es un tema complicado para visualizar estaremos excluyendo a los alumnos con dificultades y de esta forma estos alumnos están integrados sin ser diferenciados por el resto de la clase.
Actividades manipulativas.	La importancia de llevar a cabo actividades donde los alumnos puedan experimentar para entender los conceptos tratados.
Los conceptos tratados en este tema: calor, temperatura y tipos de energía. Así, como la distinción de tipos con las fuentes de energía y la propiedad de cada material.	Antes de la indagación entorno a estos conceptos tenía las mismas ideas erróneas que tienen los alumnos antes de vivenciar este proceso de la asignatura de didáctica. Ahora sé que el calor es una transferencia de energía de un cuerpo a otro, que los tipos de energía solo son dos (cinética y potencial), etc.

10. ¿Cuáles crees que son los aportes que logra realizar tu propuesta para mejorar la educación en primaria? y, ¿Cuáles crees que son sus limitaciones?

Aportes de mi propuesta para la educación en primaria	Limitaciones de mi propuesta (aquello que no se lograría enseñar con mi propuesta) x
Aprendizaje cooperativo	El concepto de energía, dado que es mucho más abstracto.
Utilización de las ideas previas para conectar el aprendizaje.	Debe realizarse con suficiente tiempo, más de una clase.
Evaluación del alumno y del maestro.	
Actividades manipulativas y motivadoras.	
Formulación de preguntas por parte del profesor para que los alumnos lleguen a una conclusión entre todos.	

11. ¿Cuáles crees que fueron tus mayores dificultades en el trabajo de diseño, elaboración e implementación tu propuesta?

La primera dificultad en la elaboración de la propuesta fue la comprensión de dichos conceptos ya que, desgraciadamente he recibido una educación errónea de los conceptos planteados en la propuesta y al principio fue difícil cambiar mis ideas

alternativas para acomodar las nuevas. Pero gracias a la puesta en común de las integrantes del grupo y las tutorías proporcionadas por las tutoras me ayudaron a comprenderlos. Una vez teníamos claros los conceptos un reto que se nos planteaba era la búsqueda de actividades motivadoras donde se pudieran vivenciar de forma manipulativa dichos conceptos. Nos costó mucho encontrar actividades para experimentar aspectos un tanto abstractos como, por ejemplo, la transferencia de energía en forma de calor o la visualización de la misma temperatura en dos cuerpos que están en la misma habitación. Además, estas actividades tenían que tener significado y estar relacionadas con la vida diaria del alumno.

En la implementación de la propuesta en el colegio una de las limitaciones que tuvimos al inicio de realizar las actividades fue que expresaran las respuestas sobre las ideas previas que tenían los alumnos ya que, los niños se sentían inseguros y constantemente me preguntaban para ver si lo que pensaban era correcto. Esto es fruto de la educación que han recibido ya que, se basan en ejercicios donde han de rellenar una única respuesta correcta.

12. ¿Cuáles son las principales diferencias que has percibido entre la clase que realizaste en la universidad y la que realizaste en el centro escolar?

Realmente no he encontrado mucha diferencia entre la implementación de la clase de la universidad y la del centro escolar ya que, las ideas alternativas que tenían antes de llegar a una conclusión eran las mismas y en general erróneas. Además, destacar que los alumnos en todo momento se sentían intrigados y motivados por aprender, así como también participar en todo momento aportando ideas y pensamientos.

13. ¿Consideras que fue útil haber presentado primero la secuencia de aprendizaje en la universidad, antes que en el centro escolar?

Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
----	-------------------------------------	----	--------------------------

¿Por qué?

Aunque las ideas alternativas de mis compañeros de la universidad eran las mismas que la de los niños del centro escolar he de decir, que la primera implementación en la universidad nos ha permitido ver si los alumnos están motivados, nuestras preguntas y explicaciones llevadas a cabo, si son apropiadas las actividades, toda la coordinación de las cuatro componentes del grupo y por supuesto, la opinión de nuestros compañeros después de la implementación para mejorar en la propuesta del centro escolar. También, hemos podido debatir las componentes del grupo sobre los aspectos que podríamos cambiar como, por ejemplo, el debate después del teatro que fue un poco largo.

De sus respuestas a las preguntas 9 y 11, se puede ver como expresa que antes del trabajo realizado durante el cuatrimestre no sabía que la planificación de una secuencia de aprendizaje basada en metodologías innovadoras de enseñanza requiriera de factores importantes como conocer muy bien el contenido a enseñar, de hecho, expresa que antes del trabajo realizado no sabía sobre los conceptos de calor, temperatura y energía y afirma que *“tenía las mismas ideas erróneas que tienen los alumnos (de primaria)”* y reconoce

que al principio fue difícil cambiar sus ideas alternativas *para acomodar las nuevas, pero gracias a la puesta en común de las integrantes del grupo y las tutorías proporcionadas por las tutoras, me ayudaron a comprenderlos*".

Lo que, de nuevo, nos lleva a reafirmar la idea que defendemos en este trabajo de investigación, hace falta repensar la enseñanza en las aulas de magisterio para que los futuros maestros y maestras, en realidad puedan llegar a desarrollar competencias docentes que les permitan mejorar su enseñanza de las ciencias. Es preciso crear espacios reales donde puedan ellos mismos conocer, pensar, analizar, criticar, construir y evaluar sus propias ideas respecto a qué y cómo enseñar. Evidentemente, todo este proceso se debe guiar y apoyarse constantemente en un profesor(a) universitario que guíe y contribuya en estos procesos.

Así mismo, Almudena habla de la importancia de partir de las ideas previas de los niños y niñas, formular preguntas -que ella misma afirma, *no les había dado importancia para que el alumno pueda expresar lo que piensa y pueda construir conocimiento*- a partir de las cuales los niños puedan expresar sus ideas libremente. Como bien menciona, una de las dificultades que encuentra es que al inicio de la implementación fue difícil que los niños y niñas expresaran sus ideas, *ya que se sentían inseguros y constantemente preguntaban para ver si lo que pensaban era correcto*. También muestra como durante su práctica en el colegio veía como ante preguntas de los niños(as) la maestra titular daba la respuesta correcta, ellos memorizaban y luego olvidaban.

Lo que evidencia como el modelo tradicional de enseñanza, en algunos aspectos, es negativo para desarrollar habilidades tanto científicas como sociales en los niños y niñas, como vemos, y como se menciona en amplia literatura (Hodson, 1996; Weiss et al., 2003; Zabala y Arnau, 2007; Viennot, 2011; Reinsvold y Cochran, 2012), en este modelo la participación del estudiante es mínima y en general, la dinámica en el aula, las metodologías de evaluación y las preguntas realizadas, o no, por los maestros están centradas sobre todo en la respuesta correcta y el discurso de estos.

También habla de los beneficios del aprendizaje cooperativo que, no sólo es aplicable a los niños y niñas sino también al propio trabajo realizado con sus compañeras de equipo y además menciona un aspecto muy interesante: que más allá de la evaluación de los alumnos *es importante evaluar si la implementación* (de una serie de actividades) *ha sido efectiva o no...nos proporciona mucha información en los aspectos que ha sido beneficiosa para el aprendizaje y otros que han fallado y que pueden mejorarse*. Esta reflexión que realiza Almudena es de gran valor, dado que nos muestra como la estudiante

ahora piensa en la importancia de no sólo evaluar a los alumnos sino su misma labor como docente para así mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Otro de los aspectos interesantes referidos, es el relacionado con la búsqueda de actividades prácticas, o como ella llama: *actividades manipulativas*, donde reconoce que no cualquier actividad vale, dado que “*es un reto la búsqueda de actividades motivadoras donde se puedan vivenciar de forma manipulativa los conceptos...además, estas actividades tenían que tener significado y estar relacionadas con la vida diaria del alumno*”.

Vemos como su reflexión pone el acento en un tema que lleva desde hace años mostrándose en diferentes investigaciones: no basta con llevar al aula actividades experimentales tipo receta (Hodson, 1994, 1996, 2005; de Jong, 1998) o, donde los niños y niñas observan lo que hace el profesor (Roth et al., 2006) o, actividades que sólo sirvan para “jugar y divertir” y que no contribuyen a que los estudiantes interaccionen con el contenido a través de experiencias prácticas relacionadas con los fenómenos del mundo real, u otros contextos de aprendizaje atractivos (Weiss et al., 2003).

5.6 SÍNTESIS SOBRE LOS RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS POR EL EQUIPO 2

Esta síntesis la mostraremos por medio de cuadros comparativos en donde se mostrarán las ideas de los integrantes del equipo al inicio del curso y después de haber terminado el curso, cuando ya habían participado en el programa de formación inicial. En cada cuadro se mostrarán las ideas con respecto a los aspectos clave que hemos mencionado en la introducción de este capítulo y, que hemos estado desarrollando durante el mismo. Así pues, el primer aspecto a tratar será sobre las visiones deformadas de la actividad científica, el segundo sobre conocimientos del contenido a enseñar y, finalmente el tercero sobre el conocimiento de cómo enseñar los contenidos científicos y el uso de la metodología de indagación.

Sobre las visiones distorsionadas de la actividad científica

Cuadro 19: Síntesis de resultados de las estudiantes del equipo 2 respecto a las visiones deformadas de la actividad científica, antes y después del programa de formación inicial.

Inicio de curso	<p>Ninguna de las cuatro estudiantes presenta una <i>visión Individualista-elitista</i> de la ciencia. Explican que el trabajo científico no depende del género, la edad o sea una actividad que se practique exclusivamente por genios aislados en un laboratorio, Almudena incluso menciona que <i>“es una idea convencional que a veces nos han mal enseñado desde niños”</i> lo que muestra como los estudiantes sí que piensan en torno a estereotipos prototípicos que se fomentan bien sea en libros de texto o imágenes en la vida cotidiana. Así mismos, argumentan la importancia del trabajo en equipo dado que es la forma de compartir y debatir ideas. También mencionan la importancia de la creatividad y el trabajo constante como características imprescindibles de las personas que desean dedicarse a la ciencia.</p>
	<p>En cuanto a la <i>visión empiro-inductivista</i>, Esther es quien menos rasgos presenta de esta visión, claramente realiza la crítica a entender la ciencia como una actividad relacionada exclusivamente con materiales de laboratorio y reacciones con productos químicos. Menciona que son los problemas o <i>cuestiones a resolver</i> el punto de partida de toda actividad científica, así como la importancia de la formulación de <i>hipótesis falsables</i>, las cuales argumenta como necesarias para implementar cualquier metodología de investigación. También menciona aspectos imprescindibles del trabajo científico como tener en cuenta las teorías anteriores y los <i>conocimientos trabajados a lo largo de la historia</i>. Respecto a María, Clara y Almudena hay dualidad dependiendo de la situación que analizan o discuten.</p>
	<p>Por una parte, se aprecia, en todas, la crítica a entender la ciencia como algo exclusivamente relacionado con prácticas con material de laboratorio y productos químicos. María incluso plantea que un aspecto importante de la investigación es <i>“barajar diferentes hipótesis para concluir en un consenso”</i>. Así mismo justifican que el azar y la casualidad no son puntos importantes en el desarrollo de la ciencia, sí que lo son el trabajo constante y dudas que surgen para que a partir de ellas pueda desarrollarse un conocimiento.</p>
	<p>Sin embargo, Almudena, por ejemplo, señala que <i>la observación es un método, al igual que la experimentación</i>, para que la ciencia pueda desarrollarse. Así como también, presenta una idea rígida del método científico el cual permite <i>obtener unos resultados si se realizan ciertas actividades en un orden</i>. Igualmente, se evidencia la tendencia a creer que la imaginación no tiene cabida cuando se habla de <i>rigor científico</i>. Por su parte Clara y María argumentan que la experimentación es el único método para <i>verificar aquello que científicamente queremos demostrar</i>.</p>
	<p>En cuanto a las <i>visión rígida-algorítmica</i> y <i>aprobemática-ateórica</i>, Esther es la que menos muestra tendencia a la misma, dado que expresa la importancia de los cambios, debates y obstáculos que puede sufrir una teoría científica a lo largo de la historia, cuando afirma: <i>“el trabajo científico debe basarse en conocimientos trabajados a lo largo de la historia y deben comunicarse los resultados obtenidos para no frenar esa retroalimentación”</i>, así como también expresa la necesidad de resolver <i>qué cuestión</i>, a veces <i>será necesario una metodología u otra</i> o, el mismo hecho de argumentar que <i>la creatividad a la hora de formular hipótesis falsables es fundamental</i>.</p>
	<p>Sus compañeras presentan un ir y venir entre ideas que pueden aceptar el método científico como un procedimiento que ha de seguirse sin alteraciones para lograr un objetivo. Pero, por lo menos en Clara</p>

	<p>y María, se evidencia que presentan claridad respecto a características importantes de la actividad científica como la presencia de hipótesis, la necesidad de tener en cuenta un control de variables (como menciona Clara) y la creatividad como un factor importante dentro de la actividad científica. Como mencionábamos en el capítulo anterior, se nota que la mayoría del equipo, por lo menos se habían planteado, seguramente en el curso anterior, las visiones deformadas sobre la actividad científica. Y, por ello, no aparecen tan claramente las visiones deformadas de la ciencia como en otros trabajos citados.</p> <p>Respecto a la <i>visión de ciencia acumulativa y de crecimiento lineal</i>, Esther no presenta dicha visión, en sus argumentaciones plantea claramente que una teoría científica siempre queda abierta a <i>nuevas aportaciones...puede verse modificada por nuevos descubrimientos que la concreten de una manera diferente o que incluso la pueden llegar a refutar</i>. Así mismo plantea que pueden existir periodos en los que coexisten ideas opuestas y la influencia de condiciones políticas, económicas y culturales que hacen que existan periodos de estancamiento en el desarrollo científico. María y Almudena muestran graficas en las que el conocimiento crece y decrece, pero al final es lineal creciente, justifican ello de acuerdo a interferencias culturales, políticas y económicas que permitan o no que una teoría saliese a la luz.</p> <p>Por otra parte, en Almudena se evidencia una concepción marcada en cuanto a la idea de ciencia acumulativa, dado que explica que las teorías en su base no cambian, pueden verse completadas o ampliadas, o cuestionadas. En Clara y María en cambio, se evidencia una comprensión en cuanto al carácter tentativo y no siempre acumulativo de los conocimientos científicos, dado que argumentan que pueden existir confrontaciones entre teorías o condiciones externas (políticas, culturales) que influyen en los mismos y que pueden afectar si dichos conocimientos salen o no adelante.</p> <p>Las estudiantes del equipo no presentan, del todo, una <i>visión descontextualizada</i> de la ciencia, ya que en sus argumentaciones plantean la influencia de la política, la economía y la cultura en la actividad científica. En cuanto a la relación ciencia y tecnología, se evidencia que todas entienden la tecnología como aplicación de la ciencia, bien sea porque asumen que <i>la tecnología realiza un uso funcional</i> de los conocimientos científicos, como explica Almudena, o porque asumen que la tecnología <i>utiliza los conocimientos de la ciencia y los aplica a la construcción de productos para la vida cotidiana</i>.</p>
Final de curso	<p>En Esther, vemos como en los análisis y explicaciones que da sobre las visiones deformadas de la actividad científica (en el cuestionario final) ahora realiza críticamente dicho análisis y reconoce actividades (pensadas para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir dichas visiones distorsionadas, identifica por ejemplo que se trata de una actividad <i>empero-inductivista, puesto que se basa sólo en la experimentación, se propone una serie de experimentos de los cuales habrán de extraerse una serie de datos mediante la observación</i>. Además, <i>la ciencia que enseña esta es un tanto descontextualizada del día a día de los niños y niñas</i> y propone una actividad en la que utilizando alimentos se pueda luego discutir y concluir sobre la correcta conservación de los mismos.</p> <p>Sin embargo, no menciona las otras visiones que se podrían transferir con este tipo de actividades, tampoco realizó el análisis metacognitivo de sus propias visiones sobre la actividad científica, aunque como se pudo apreciar en los cuadros de arriba, es la estudiante que más aciertos y distanciamiento presenta respecto a las visiones distorsionadas de la actividad científica.</p> <p>En María, vemos como también puede a partir de una actividad (pensadas para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir visiones distorsionadas, realiza críticamente un análisis y reconoce cuáles visiones podrán transmitirse, explicando cada una de forma correcta. Además, pese a que tampoco realiza el análisis metacognitivo, en la pregunta en que se pide reflexionar sobre si la ciencia</p>

necesita siempre la realización de experimentos para desarrollarse, no sólo responde a la misma, sino que realiza todo un análisis de la frase y lo relaciona con los conocimientos que ahora tienen sobre las visiones distorsionadas de la actividad científica, es la única estudiante que realiza esta correlación.

En su argumentación se ve como justifica que no se trata de una afirmación válida porque “transmite una visión empiro-inductivista y ateorica de la ciencia...no hemos de obviar de un lado el componente del respaldo teórico que hay detrás de toda experimentación y de otro, la cantidad de conocimiento existente en las ciencias proveniente de interpretación de datos y conocimiento lógico-matemático” aparte de esto, también menciona que al utilizarse la palabra siempre (que se encuentra en la frase), puede inducir al lector a pensar que la ciencia “siempre sigue un método cerrado, riguroso y verdadero que garantiza la validez de los resultados...lo que puede transmitir una visión rígida, algorítmica e infalible de la ciencia”, como se puede apreciar, realizar un análisis completo basado en los conocimientos sobre NdC que ha podido adquirir durante el curso.

En Almudena vemos como también puede analizar críticamente una actividad (pensada para niños) que, tal y como están estructuradas, podrían transmitir visiones distorsionadas. Pone el acento en aclarar cómo se puede transmitir una visión rígida-algorítmica e infalible de la actividad científica dado que *“el experimento se presenta como una serie de instrucciones a seguir, ya definidas de forma ordenada que mediante la observación de un fenómeno, pretende llegar a un conocimiento científico objetivo y exacto, pero que no tiene en cuenta en ningún momento la creatividad, la duda, ni la imaginación del alumno, así como tampoco la posibilidad de que los resultados obtenidos sean revisados”*.

Respecto a la visión descontextualizada dado que “no hay relación entre el experimento planteado y los problemas de la vida cotidiana de los alumnos, por lo que no van a entender la ciencia como algo útil y cercano a ellos”, respecto a la visión empiro-inductivista, afirma que “se plantea la ciencia como un trabajo realizado únicamente en el laboratorio donde el científico observa y experimenta en base del feliz descubrimiento”, menciona la visión aproblemática y ahistórica ya que “pues no se ofrece el origen del problema que ha llevado al planteamiento del experimento y por lo tanto, no se ve la relación entre la ciencia y la vida cotidiana del alumno. No se muestra el conocimiento científico como respuesta a un problema social originario, cosa que el alumno lo va llevar a considerarlo como que nada tiene que ver con él”.

Finalmente, identifica con claridad que la actividad pertenece al modelo por descubrimiento y argumenta como este tipo de actividades no tienen mucho sentido dentro del aprendizaje de las ciencias ya que sólo *“se dan instrucciones para observar, anotar observaciones e intentar llegar a alguna conclusión, pero sin ningún otro tipo de información...en ningún momento se tiene en cuenta sus ideas previas, orientación por parte del docente y así el estudiante va a alcanzar un aprendizaje disperso, distorsionado y repleto de errores conceptuales”*. Vemos como ahora reflexiona críticamente en torno a estos aspectos. Igualmente, del análisis que realiza de sus propias visiones distorsionadas de la actividad científica, reconoce que antes de participar en el proyecto pensaba que la ciencia era siempre exacta y objetiva, lo que se corresponde con una visión rígida de la misma. Menciona también que tenía parte de la visión descontextualizada en la medida que asumía que no era afectada por creencias o la política y dado los análisis y reflexiones realizadas durante el cuatrimestre analiza que antes creía que la tecnología estaba subordinada a la ciencia.

	<p>En Clara vemos como argumenta que la actividad mostrada pertenece al aprendizaje como descubrimiento ya que “mediante la observación el alumno debe sacar las conclusiones de forma autónoma e individual” característica que, como bien sabemos, pertenecen a este modelo educativo. También presenta claridad respecto a algunas visiones deformadas de la actividad científica y cómo se pueden transmitir con las actividades que realizamos en el aula. Con lo que Clara, reconoce el problema de la transmisión de las visiones empiro-inductivista, rígida en el uso de actividades para enseñar ciencias, como bien apunta, se asume que sólo puede haber un resultado invariable e infalible que proviene de la observación y el descubrimiento.</p> <p>Además, identifica la visión descontextualizada socialmente ya que la actividad se plantea para realizarla aisladamente. Según el análisis que realiza de sus propias visiones distorsionadas de la actividad científica, reconoce que antes de participar en el proyecto tenía una visión rígida y descontextualizada, dado que entendía que en la ciencia no cabía la imaginación o la creatividad, también menciona que antes pensaba que la tecnología era un subproducto de la ciencia. También reconoce que tenía una visión acumulativa dado que creía que todo el conocimiento científico se acumulaba al ya conocido y, finalmente reconoce que tenía una visión elitista dado que siempre creía que la ciencia era sólo para listos. como un producto aislado de la realidad y los problemas que se presentan.</p>
--	--

Respecto a las ideas sobre temperatura y calor

Cuadro 20: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 2 respecto al conocimiento del contenido científico a enseñar, antes y después del programa de formación inicial.

Inicio del curso	<p>Esther explica que la temperatura es una <i>“propiedad de la materia que se relaciona con el movimiento de las partículas”</i>, como vemos, su idea de temperatura se acerca bastante a la explicación científica de la misma, lo que evidencia cómo influye en sus conocimientos el hecho de que la estudiante, previamente a magisterio, había cursado la carrera de ingeniería. Sin embargo, no aclara si su percepción de <i>movimiento de las partículas</i> está relacionada únicamente con la velocidad de las partículas o con la energía misma.</p> <p>Respecto a lo que entiende por calor, explica que es <i>“una transferencia de energía que tiene lugar cuando interaccionan dos objetos o sistemas materiales diferentes”</i>, igual que antes, su definición aporta ideas científicas importantes del fenómeno como la interacción entre sistemas, y la transferencia de energía, aunque no menciona que dicha interacción entre sistemas necesariamente requiere que estén a diferente temperatura.</p> <p>María expresa que la temperatura es la <i>“variación de energía que se puede encontrar de forma elevada (calor) y baja (frío)”</i>, como se puede apreciar, en su idea, es interesante ver cómo se relaciona el concepto temperatura con energía alta y baja, aunque introduce la palabra calor para expresar esa <i>“energía alta”</i>, lo cual nos muestra que el concepto de calor lo relaciona más bien con sensaciones térmicas. Así mismo, vemos que dentro de la misma definición que aporta no se aclara si entiende que dicha <i>energía</i> hace referencia a la energía interna, pese a estos pequeños errores, es importante ver como la estudiante no presenta las mismas ideas previas mostradas en la bibliografía.</p> <p>Respecto al concepto de calor, sí que se evidencia la presencia de las típicas ideas previas estudiadas, ya que define calor como <i>“una energía que se desprende de los objetos a altas temperaturas”</i>, de acuerdo</p>
------------------	--

	<p>con esto, se evidencia que, por una parte, asume que el calor es un tipo de energía y, por otra parte, de nuevo relaciona el concepto con las sensaciones térmicas, dado que expresa que ocurren a <i>altas temperaturas</i>.</p>
	<p>Clara expone que la temperatura <i>es un modo de medir en grados la cantidad de calidez que hay en un cuerpo</i>”, como se puede apreciar se presenta la idea previa común en la que la temperatura se asume como una forma de medir el calor o calidez (que llama Clara) contenido en un cuerpo. Respecto al concepto de calor, la estudiante plantea que es <i>“una forma de expresar las altas temperaturas, altos grados”</i> lo que evidencia otras ideas previas típicas respecto a este concepto, en primer lugar, relacionar calor con la sensación térmica del medio ambiente y el clima; en segundo lugar, vemos como también se presenta confusión entre temperatura y calor, ya que la estudiante al intentar definir el mismo, utiliza los grados como unidad de medida del calor.</p>
	<p>Almudena por su parte, considera que la temperatura es <i>“una sensación térmica que hay en un lugar...frío o caliente”</i> como se puede apreciar, la estudiante presenta otra de las ideas previas mostradas en la bibliografía: identificar temperatura con la sensación térmica relacionada con el clima. En cuando a su idea sobre calor, explica que es <i>“una sensación térmica alta...”</i> de nuevo, al no poder explicar como tal el fenómeno, acude a la identificación del calor relacionado con el clima, pero esta vez especifica que el calor sólo hace referencia a <i>sensaciones térmicas altas</i>, es decir, lo relaciona con temperaturas altas únicamente.</p>
	<p>En síntesis, el concepto de temperatura ha de ser más trabajado en las aulas, dado que siguen presentándose ideas alternativas que lo relacionan directamente con la velocidad de las partículas, con la sensación térmica de caliente o frío, etc. Igualmente ocurre con el concepto de Calor, al utilizarse tanto en la vida cotidiana para hablar del clima o sensaciones térmicas y, sumado a ello, que algunos libros de ciencia mismo lo definen mal, es muy común que la mayoría de estudiantes no tenga una idea, ni tan siquiera próxima, a la idea científica correcta: El calor entendido como un proceso –distinto pero equivalente al trabajo- de transferencia de energía desde las partículas de un cuerpo que tiene mayor temperatura a las partículas de otro que tiene menor temperatura hasta que llegan a un equilibrio térmico.</p>
<p>Final de curso</p>	<p>Esther explica que: “toda materia tiene energía interna, es una propiedad de la materia y, por tanto, sus partículas pueden vibrar, moverse y rotar” en cuanto al calor explica que es “un fenómeno en el que se transfiere energía de un cuerpo con mayor temperatura a otro con menos temperatura hasta llegar a un equilibrio” y respecto a la temperatura afirma: “es la medida del movimiento de las partículas, a mayor movimiento, mayor temperatura y viceversa”. Como se ve, aun falta claridad, conceptualmente hablando, sobre las ideas científicas básicas trabajadas en su proyecto, porque se sigue apreciando la idea alternativa de relacionar la temperatura con la velocidad, cuando afirma que es <i>“...es la medida del movimiento...”</i> no ha de olvidarse que la temperatura se relaciona con la variable energía cinética, más que con el movimiento y la estudiante no menciona la misma dentro de su definición.</p> <p>María entiende la energía como: <i>“referente al movimiento de las partículas”</i> pero a continuación relaciona dicho movimiento con el concepto de temperatura dentro de la misma definición de energía, lo que nos indica que aún ha de trabajarse con ella más este concepto, porque puede que aún no lo entienda del todo. Respecto al concepto de calor se aprecia que presenta claridad respecto al mismo, sin embargo, como se puede ver en la definición de temperatura, al igual que Esther, prefiere definirla en términos de la medida del movimiento de las partículas, más que en términos de su relación con la energía cinética media de las partículas (solo en caso de gases ideales).</p> <p>Y, como mencionábamos antes, es importante relacionar este término con la energía cinética media, ya que no sólo implica el movimiento y su velocidad sino también su cantidad. Igualmente ocurre con el</p>

	<p>concepto de calor, si bien es correcta su definición, no menciona que, necesariamente, a llegarse a un equilibrio térmico, lo que nos indica que este aspecto también debe ser más trabajado con la estudiante ya que es de gran relevancia.</p>
<p>Almudena explica que la energía se refiere a dos tipos “la cinética: cuando un cuerpo tiene movimiento respecto a otro y, la potencia: cuando un cuerpo tiene altura respecto a otro”. Los conceptos de Calor y temperatura, igual que pasa con las ideas explicadas por sus compañeras, el nivel de complejidad utilizado en sus explicaciones es muy básico. Es decir, la temperatura la entiende en términos de la medida del movimiento de las partículas, más que en términos de su relación con la energía cinética media de las partículas.</p>	
<p>Aunque podría decirse que está bien relacionar la temperatura con el movimiento de las partículas, ha de tenerse cuidado para no confundirlo con velocidad, es importante relacionar este término con la energía cinética media, ya que no sólo implica el movimiento y su velocidad sino también su cantidad. Por otra parte, no menciona en el concepto de calor que, necesariamente, a llegarse a un equilibrio térmico, lo que nos indica que este aspecto debe ser más trabajado con la estudiante ya que es de gran relevancia.</p>	
<p>En Clara vemos como ha tenido dificultades para entender la pregunta en la que se pide definir las ideas científicas trabajadas en su secuencia, ya que describe más bien actividades para trabajar los conceptos más que la explicación solicitada, el único concepto que define como tal es el de temperatura, explicando el mismo como: <i>al aumentar la temperatura el movimiento de las partículas es mayor y al disminuir la temperatura las partículas se mueven más lento</i>. Más adelante, en la pregunta 2 (donde se pide plantear los objetivos de aprendizaje de la propuesta) sí que explica claramente que el calor es <i>la transferencia de energía del cuerpo que se encuentra a mayor temperatura al cuerpo con menor temperatura</i>.</p>	
<p>Igual que sus compañeras, ha de trabajarse más el concepto de temperatura, para no confundir dicho <i>movimiento de las partículas</i> del que hablan, con velocidad, y entonces caer en la idea alternativa de que la temperatura está relacionada únicamente con la velocidad de las partículas. Tampoco al hablar de calor, habla del equilibrio térmico. Esto nos indica que Clara aún debe trabajar más en torno a los conceptos de calor, temperatura y energía porque es posible que aún presente dudas respecto a los mismos.</p>	
<p>Como se puede apreciar, y guiándonos estrictamente por lo que han dejado constancia de forma escrita, no podemos asegurar que ninguna de las estudiantes haya logrado, en verdad, comprender del todo que la temperatura se relaciona con la energía promedio –cinética y/o potencial– de las partículas. Todo el tiempo han definido el concepto como “<i>mide el movimiento de las partículas</i>” lo que es correcto afirmar si hablásemos sólo de velocidad.</p>	
<p>Así mismos, excepto por Esther que sí lo menciona, el concepto de calor se queda a medias, ya que necesariamente ha de entenderse que después de la transferencia de energía del sistema con mayor temperatura al sistema con menor temperatura se ha de llegar a un equilibrio térmico. Esto nos muestra que, aunque su secuencia está muy bien, debió haberse incluido, por lo menos, una o dos actividades en la que los niños y niñas pudieran trabajar esta idea porque pese a que trabajamos con ellas durante la tutoría una actividad al respecto, está claro que debimos haber insistido más en esta idea reforzando con más actividades donde pudieran trabajar mucho más el concepto de equilibrio térmico.</p>	

Respecto a cómo enseñar el contenido. Conocimiento del aprendizaje como indagación

Este aspecto lo dividiremos a su vez en dos partes. Primero, en el cuadro 23, mostraremos las ideas de los estudiantes con respecto a la metodología científica, en especial el papel de la hipótesis y los experimentos. Después, en el cuadro 24, mostraremos las ideas de los estudiantes con respecto a cómo enseñar el contenido específico (temperatura y calor).

Cuadro 21: Síntesis de resultados de las estudiantes del equipo 2. Respecto al papel de la hipótesis y el experimento.

Inicio de curso	<p>Con respecto a sus ideas sobre qué harían para abordar una situación problemática sencilla (planteada en pregunta 2 de C-1). Ninguna de ellas establece una hipótesis como punto de partida, tres de los integrantes (Esther, María, Almudena) establecen un procedimiento metodológico que atiende al control de una sola variable, pero no tienen en cuenta la influencia de otras variables, también muy importantes, según el problema planteado.</p> <p>En el caso de Clara, habla de realizar unas mediciones, menciona y describe instrumentos, pero, no establece ningún procedimiento claro o variables a tener en cuenta para realizar dichas mediciones. Ninguna de las estudiantes menciona la necesidad de repetir las condiciones para verificar los datos obtenidos la primera vez, así como tampoco la necesidad de discutir los resultados y a partir de allí emitir algún tipo de conclusión, o modificar la metodología establecida si fuese necesario.</p>
	<p>En otras dos preguntas de C-1 se les planteaba una situación problemática histórica en la que debían identificar tanto la hipótesis como el problema. Esta actividad resultó ser más fácil para ellas dado que, tanto Esther como María y Clara identifican, con claridad, la hipótesis y el problema. De hecho, definen de forma clara y correcta lo que entienden por hipótesis, sin embargo, no deja de ser interesante que planteen una justificación acertada respecto a lo que es una hipótesis, puedan identificarla a partir de una situación, pero no sepan formular y utilizar las mismas, como vimos en el caso del cuadro anterior. Almudena, considera en la pregunta 3 que el enunciado hace referencia a una observación y en su justificación se aprecia la confusión entre datos reales obtenidos “observables” y posibles explicaciones de los fenómenos, vemos también como para ella observación es sinónimo de hipótesis.</p>
	<p>Con respecto a lo que entienden por experimento y su papel dentro de la actividad científica (pregunta 5 de C-1), sus respuestas son variadas, veamos: Clara, no responde, pero sí que afirma, en la pregunta en que se pide justificar si la ciencia necesita de los experimentos para desarrollarse, que: <i>si no se experimenta, las hipótesis que puedan parecer no se sabrán si son ciertas o no. Hay que verificar aquello que científicamente queremos demostrar</i>”. Un planteamiento acertado es el que plantea Esther cuando afirma: <i>“es un proceso en el que se pretende observar de manera práctica la hipótesis, para así verificar o falsar esta. Tiene las siguientes características: verificar o falsar, manipular, obtener resultados”</i>.</p> <p>Respecto a la pregunta en que se pide justificar si la ciencia necesita de los experimentos para desarrollarse, afirma: <i>“para que exista un crecimiento en el conocimiento científico, se necesita investigación tanto empírica, teórica y práctica (experimentos en los que observar, contrastar...)”</i>. María por su parte opina: <i>“un experimento es el preludeo de un posible proyecto que se basa en llevar a cabo</i></p>

	<p>diferentes pruebas o comprobaciones para observar su resultado y comprobar si se puede tratar de una verdad comprobable en el ámbito científico” y, respecto a la relación entre desarrollo de ciencia y experimentos plantea: “el conocimiento científico no podría llevarse a cabo sin una previa experimentación, pues la ciencia se basa en comprobaciones que, según su resultado obtenido, pueden pasar por verídicos”.</p> <p>Almudena plantea: “es poner a prueba algo, descubrir, es una forma de investigar manipulando aparatos y fórmulas para así llegar a una o varias hipótesis” y respecto a la relación crecimiento de la ciencia experimentos, plantea: “no, porque el experimento no es la única forma que hay para investigar. Se puede hacer también mediante la observación”. Como se puede apreciar, algunas ven el experimento como un procedimiento para cuestionar ideas o hipótesis, lo cual es correcto, pero ninguna de las respuestas incluye aspectos importantes como las condiciones controladas o control de variables; tampoco indican explícitamente que es una parte de una investigación más global y compleja o, que ha de partir necesariamente de unos objetivos claros y basados en conocimientos científicos previos, este último aspecto sí que lo toca Esther en una de sus justificaciones.</p> <p>Igualmente, se nota un poco las visiones rígida y empiro-inductivista, sobre todo lo podemos ver en Almudena y Clara, que dotan al experimento de algo especial para que la ciencia se desarrolle dado que es el único método por el que se comprueban las hipótesis. Por otra parte, vemos otra típica visión empirista en Almudena cuando justifica que la <i>observación</i> es otra forma de obtener resultados que permiten desarrollar la ciencia.</p>
	<p>Estos planteamientos, muestran que, por lo menos en los casos de Esther, Clara y María, la visión empiro-inductivista de la actividad científica, no está tan claramente definida, como hemos visto durante todo el análisis de las respuestas a sus preguntas; sí que se acentúa más en el caso de Almudena, junto con la presencia de una visión aproblemática y ateórica. Por otra parte, para las estudiantes de este equipo, no ocurre como en otros trabajos, como los de Murcia y Schibeci (1999), en los que se evidencia de forma más marcada que los futuros maestros tienen una comprensión ingenua y poco clara de la metodología científica, siendo constantes las referencias al “descubrimiento de la verdad” a través de las observaciones y pruebas experimentales (que al ser más y más comprobadas, dotan al conocimiento científico de veracidad, pero no, de naturaleza tentativa).</p> <p>Sin embargo, sí que se aprecia que, frente a una situación problemática que han de resolver ellos mismos (como en la pregunta 2) la identificación y uso de hipótesis y establecimiento de unos objetivos como punto de partida para proponer un coherente diseño metodológico es un punto débil, presente en las cuatro estudiantes.</p>
Final de curso	<p>Esther explica que la hipótesis esta “marcada por un valor probabilístico...se trata de una hipótesis válida puesto que es falsable mediante la sistematización de una serie de experimentos y generar una conclusión”. Respecto al papel de los experimentos y su relación con el desarrollo de la ciencia argumenta que la ciencia no se basa sólo en la experimentación sino también en la observación, lo que nos muestra que aún hay matices de una tendencia inductivista de la actividad científica, aunque también indica que la ciencia además “se basa en el desarrollo de teorías ya existentes y la aplicación de la lógica científico-matemática” lo que indica que posiblemente haya superado la visión ateórica.</p> <p>María argumenta que la hipótesis es “<i>un supuesto basado en la interpretación de una observación que más tarde ha de ser contrastado</i>” lo que demuestra bastante claridad conceptual respecto a este aspecto de la actividad científica y como ya mencionamos en el cuadro anterior también reconoce adecuadamente</p>

	<p>el papel de los experimentos, lo que demuestra que al finalizar el curso presenta claridad respecto a estos dos aspectos de la NdC.</p>
	<p>Almudena reconoce las características de una hipótesis y la define como “una posibilidad sobre lo que puede estar ocurriendo”, justifica que las mismas han de servir posteriormente como “focalizadora de una investigación y de la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos científicos”, con lo que podemos decir que tienen claridad respecto a lo que es una hipótesis y su papel dentro de la actividad científica. También identifica que los experimentos no son la única forma para desarrollar conocimientos científicos y aunque no identifica otros métodos que validen los mismos, sí que realiza un análisis muy correcto respecto al tipo de visión distorsionada de la ciencia que implica esta afirmación.</p> <p>Almudena argumenta que se trata de una visión empiro-inductivista ya que “muestra la ciencia como un trabajo desarrollado única y exclusivamente en el laboratorio en el que el científico observa y experimenta en busca del feliz descubrimiento... la experimentación se sitúa como elemento central del supuesto método científico”. Con lo que la estudiante nos muestra una crítica coherente al papel del mismo dentro de la actividad científica.</p>
	<p>Clara identifica con claridad que la afirmación se trata de una hipótesis y, define la misma como una respuesta provisional a un problema, para la que después se puede desarrollar una investigación y para saber si la hipótesis es verdadera o falsa”. Con lo que podemos decir que tienen claridad respecto a lo que es una hipótesis y su papel dentro de la actividad científica. Pese a que no responde a la pregunta sobre el papel del experimento dentro de la actividad científica, sí que encontramos que más adelante (en el análisis que realiza de la actividad planteada para niños de un libro y sus visiones distorsionadas) identifica como visión empiro-inductivista el considerar la experimentación y observación como factores imprescindibles en las actividades de aula. Aunque, dado que no argumenta sobre el papel de la experimentación en ninguna otra de las preguntas del cuestionario final, no podemos afirmar del todo, que tenga claridad total respecto al mismo.</p>

Cuadro 22: Síntesis de resultados de los estudiantes del equipo 2, respecto al conocimiento de la indagación como modelo de aprendizaje, antes y después del programa de formación inicial.

Inicio del curso	<p>Lo primero a destacar es la tendencia de todas las integrantes del equipo por el típico activismo ingenuo y, podría decirse, típico empiro-inductivismo basado en el aprendizaje como descubrimiento: “es decir, el niño ha de realizar una actividad tipo receta u observación ideada o copiada por el maestro –o sea, sin significado para el niño- y, a partir del resultado obtenido, se espera que el niño halle la respuesta correcta” ya que presentan primero las actividades (excepto Esther) y, después, los objetivos de aprendizaje o competencias cuando debería ser al revés. Al analizar las actividades que han elegido, la forma en que plantean su implementación se nota que no se plantea un hilo conductor que guíe el conjunto de actividades basadas en unos objetivos que van desde abordar el concepto más simple a otros más complejos que involucran el primero y, por tanto, dé sentido al conjunto de actividades.</p> <p>Todas tienden a mostrar que por el hecho de que el niño(a) observe algo, puede deducir después el por qué ocurre, nótese, por ejemplo, en una de las actividades que plantea Esther se expone: “<i>Tobogán (montaña rusa) (canica o balón se va cayendo por el mismo), caída libre, pelota de ping-pong ¿qué tipo de energía se manifiesta en cada una de las actividades?</i> Es decir, directamente se pregunta al niño para que explique los tipos de energía (que a lo mejor no sabe ni qué son) que presentan unos fenómenos que a lo mejor nunca han visto de esa manera y en los que tampoco han trabajado previamente tan siquiera la idea de Energía (por lo menos en su versión más simple referida a la energía interna de las partículas).</p>
------------------	--

Lo mismo ocurre en una actividad planteada por Clara, en la que los niños han de observar “un vaso con agua con gas y pasas dentro (las cuales en teoría se moverán por el gas), calentamos otro vaso con pasas, de este modo aumentará la temperatura y las partículas (las pasas) se moverán más rápido. Se compararán las temperaturas” dicha actividad, según los objetivos planteados por la estudiante, debe servir para “diferenciar temperatura y calor y conocer y comprender el movimiento de las partículas cuando aumenta la temperatura y entender dicha temperatura como medida”. Como vemos, al inicio de curso los estudiantes de magisterio tienden a pensar que cualquier actividad o actividades que encuentran en internet y resultan “atractivas y divertidas” sirven para un gran número de objetivos, incluso objetivos que se enfocan en la comprensión de conceptos complejos como los son Calor, Temperatura, Energía cinética, Energía potencial.

Lo segundo a destacar, es la dificultad que presentan Clara y Almudena para establecer objetivos de aprendizaje, pese a que las ideas científicas que querían trabajar en su secuencia ya se habían discutido. Se aprecia ambigüedad y algo de confusión en los términos y expresiones utilizadas para expresar lo que quieren conseguir, por ejemplo: “*conocer y comprender el movimiento de las partículas cuando aumenta la temperatura...*” “*Conocer el paso de las partículas de un cuerpo a otro y el por qué*” “*conocer el factor que permite la transferencia de energía entre dos cuerpos diferentes...*”, planteados por Clara o, “*reconocer la energía cinética y potencial*”, planteado por Almudena.

También se evidencia confusión entre objetivos generales de la asignatura con objetivos de aprendizaje concretos de un contenido a trabajar, como sucede en el caso de Almudena donde plantea como objetivo de una actividad el plantear hipótesis. Finalmente, también vemos como, pese a haber elegido ya las ideas científicas básicas, la parte concerniente a cómo enseñar sobre la energía que contienen los cuerpos, es problemática, dado que, en el caso de Almudena y Clara, lo quieren trabajar en términos de energía cinética y potencial pero no en su versión simplificada respecto a la vibración, desplazamiento y posición de las partículas que contienen los objetos, sino más bien en su versión aplicada a dinámica, lo cual es avanzado para trabajar con los niños y niñas de últimos cursos de primaria.

Aunque esto es comprensible dado que los estudiantes de magisterio, según el plan de estudios de la UV, en el tercer curso no realizan planificaciones de aula y en sus prácticas tampoco se contempla intervención en el aula, con lo cual no han tenido la oportunidad de realizar este tipo de actividades en que tienen que plantear objetivos de aprendizaje de acuerdo a un contenido a trabajar.

María por su parte, se nos presentó como un caso más problemático, ya que aparte de la dificultad para plantearlos en sí, también se puede apreciar confusión y falta de claridad con respecto al contenido mismo elegido y ya discutido, con lo que la estudiante seguía presentando ideas previas respecto a los conceptos de calor y temperatura. Por ejemplo, cuando plantea “*asociar el movimiento de las partículas según la transmisión del calor entre las mismas. Así pues, según la temperatura se determinará la cantidad de energía de las mismas*” vemos como aparte de ser confuso lo que plantea como objetivo, en sus palabras expresa claramente cómo sigue entendiendo el calor como una entidad que puede ser “*transmitida de un lugar a otro*”.

En otro de los objetivos plantea: “*comprobar cómo actúa el calor como transmisor de energía, según las características de los materiales*”, aquí vemos como introduce la idea del calor como una entidad que puede transferir energía, no lo identifica como un proceso y, en la actividad que plantea para este objetivo, habla de *materiales que conducen mejor el calor*, lo que de nuevo vuelve a remarcar la idea previa del

calor como entidad que está contenida en los objetos y puede moverse de un lugar a otro. Así mismo, en la última actividad que plantea, vemos como habla de *experimentar cómo se manifiesta la energía química*, lo que nos indicaba que aún presentaba la idea previa de considerar que existen muchos tipos de energía.

Igual que ocurre con María (respecto a las ideas previas que persisten), Clara en la primera actividad que plantea, expresa “...para ver cómo se han equilibrado ambas temperaturas por la transmisión de calor del cuerpo más caliente al más frío”, en otra de las actividades planteadas escribe “...para ver como la varilla va adquiriendo el calor en sus partículas...” con lo que detectamos que la estudiantes seguía asumiendo el calor como una entidad que puede ser transferida de un lugar u objeto a otro y asumida como tipo de energía.

Lo tercero a destacar, igual que ocurre con el equipo 1 y todos los demás equipos con los que trabajamos, es la dificultad para poder formular un problema (dentro del contexto de los niños) como punto de partida para desarrollar el hilo conductor de su secuencia de aprendizaje. En el caso del equipo 2, no se pensó en una situación tan fantástica como en el equipo 1 pero, sí que recurrieron a un pequeño teatrillo introductorio para poder iniciar con el hilo de actividades que pretendían abarcar los conceptos elegidos. Las mismas estudiantes explican: Esther: “es un reto planificar este tipo de sesiones, sobre todo porque es la primera vez que hacemos algo así... ¿sabes? Cuesta...”. Almudena comenta: “no tenía tan claro como ahora que para planificar un tema hay que indagar y documentarse entorno a los conceptos que se quieren enseñar.

Si el maestro no tiene claro lo que enseña no podrá realmente conseguir que sus alumnos lo aprendan, tampoco sabía la importancia de conocer las ideas alternativas que tienen los alumnos sobre los conceptos que se tratan y...claro...las de nosotros mismos. Hasta ahora no le había dado la importancia a la formulación de preguntas para que el alumno pueda lograr por sí mismo el conocimiento. Como dicen mis compañeras, es un trabajo arduo, pero se ven los resultados...”. Clara aporta: “debo decir que al principio todo esto me superaba un poco y lo llevaba mal, porque planificar y elaborar clases con el fin de motivar e innovar no es fácil...jajaja...a veces es agotador...cuesta pensar en las preguntas adecuadas para encontrar sus ideas, el contexto, tener en cuenta mis propias ideas erróneas, como unir todo para que no sea un simple experimento en el que los niños siguen unos pasos. Pero al final, creo que hemos mejorado nuestra visión de las ciencias y la tecnología, muchos de nosotros teníamos visiones distorsionadas en las que no nos dejaba ver cómo es investigar o ver las cosas que pueden aportarnos en el día a día...”

Lo que nos muestra que, pese a que es una de las metodologías por las que se apuesta desde hace años según informes (OCDE, 2006a; Rocard, 2007) y gran cantidad de bibliografía en didáctica de las ciencias, poco se fomenta en verdad con los futuros maestros(as) y profesores(as) de ciencias. Por otro lado, también es interesante apuntar que, pese a que discutíamos en las tutorías que no es preciso crear entornos de juego o fantasía para trabajar un contenido en las asignaturas de ciencias, los estudiantes de magisterio tienen tendencia a pensar que el trabajo con los niños(as) debe ser así para que resulte divertido y que puedan disfrutar. Una especie de tendencia exagerada a pensar que el juego es la única solución en el aula de primaria para que los niños y niñas no se aburran y “en verdad aprendan”.

Relacionado con lo anterior, e igualmente ocurrió con el equipo 1 y demás estudiantes con los que trabajamos, idear un hilo conductor contextualizado basado en el desarrollo de estrategias de aprendizaje próximas o parecidas a las que suelen utilizarse en las prácticas científicas (Metz, 2008), también es un aspecto que el equipo inicialmente no se había planteado y les costó asimilar. Todas las integrantes del equipo asumían que el simple hecho de realizar *actividades interesantes* bastaba y encajaban dentro del

	<p>modelo de aprendizaje como indagación, de hecho, como comentábamos más arriba, las actividades (elegidas para su secuencia de aprendizaje) que recopilan inicialmente son más bien un conjunto de actividades que no tenían un objetivo claro o, pensaban que cubría múltiples objetivos o, eran actividades para llamar la atención de los niños(as).</p> <p>Clara por ejemplo en una de sus reflexiones durante la tutoría aportaba: <i>“a veces internet te da demasiadas opciones y te fías y no siempre son las mejores...jajaja...yo he aprendido a buscar mejor, seleccionar mejor... ¿sabes?... las webs y libros que nos disteis te hacen ver que hay que buscar fuentes adecuadas...yo... es que...antes no creía que fuese tan importante”</i> y María comentaba: <i>“Las mayores dificultades que encontramos ante la elaboración de nuestra unidad didáctica fueron: el exhaustivo análisis realizado para la comprensión de los términos por su elevado nivel de abstracción, así como las concepciones erróneas adquiridas de la vida cotidiana y también por las explicaciones confusas de los docentes, ante la temática, que habíamos recibido previamente en nuestra vida académica. Todo esto influye en la selección de actividades y su organización lógica desde este punto de vista innovador. Es decir, la manera de llevar a cabo la manipulación práctica”.</i></p> <p>Por lo que las tutorías se convirtieron en un espacio de análisis y ayuda en el que dialogábamos con el equipo respecto a la relevancia de las mismas con respecto a las ideas científicas que ellos mismos habían elegido. Está claro que, como se menciona en abundante bibliografía (Weiss et al., 2003; Banilower, et al., 2006; Reinsvold y Cochran, 2012), respecto a la enseñanza en Educación Primaria es fácil caer en el activismo ingenuo (<i>activity for activity's sake</i>) cuando los objetivos de aprendizaje y los conocimientos sobre un contenido no están del todo claros y por tanto la planificación del contenido se pierde.</p> <p>Cuando analizan una actividad basada en el aprendizaje como indagación, identifican características importantes e imprescindibles de la alfabetización científica y tecnológica (OCDE, 2006a; Rocard, 2007), como el aprendizaje autónomo, trabajo en equipo, trabajar con problemas abiertos, aprender a planificar inicialmente antes de experimentar, expresar ideas libremente, satisfacción al no seguir una serie de pasos sino pensar en qué hacer para resolver un problema y las consideran ventajas de la indagación como modelo de aprendizaje. Sin embargo, paradójicamente, también identifican como desventajas del mismo modelo, el hecho de que son actividades <i>que “generan incertidumbre al no conocer los pasos a seguir y su resultado final”.</i></p> <p>Lo que nos indica que los maestros(as) en formación, pese a que aún no tienen experiencia en el aula, se inclinan hacia un modelo de enseñanza tradicional en el que las actividades prácticas a realizar funcionan a modo de receta de cocina, que les hacen sentir mayor control, seguridad y menos ansiedad respecto a los contenidos a enseñar, bien sea porque desconocen ellos mismos a nivel conceptual los contenidos o porque no se les ha brindado herramientas didácticas para enseñarlos (Appleton, 1992; Appleton y Kindt, 1999).</p>
Final de curso	<p>Esther logra analizar actividades (para niños y niñas) que tal y como están estructuradas no tendrían cabida en el modelo de indagación como aprendizaje (pregunta 8 del cuestionario final), argumenta que <i>“está dentro del modelo de aprendizaje por descubrimiento pues a los niños se les propone una serie de experiencias de las cuales habrán de extraer una serie de datos mediante la observación...”</i>. Cuando se le pide analizar su propia secuencia diseñada reconoce la importancia del proceso de fundamentación y planificación previa basada en el conocimiento del contenido, el establecimiento de unos objetivos claros</p>

y tener en cuenta las ideas previas respecto al tema a trabajar, aspectos que como sabemos, son prioritarios a la hora de querer utilizar en el aula el modelo de indagación.

La estudiante menciona que es un proceso de *reflexión* en el que se hace necesario *filtrar y elegir información adecuada*. También menciona la importancia de las preguntas o cuestiones, ya que son estas las que guían las actividades y asumir el papel del maestro(a) como un guía. Sin embargo, no menciona características igual de relevantes como permitir a los niños(as) generar hipótesis que posteriormente puedan poner a prueba durante las actividades experimentales, aspecto que se facilitaba muchísimo con los simuladores utilizados en las actividades de su secuencia, así mismo, no se menciona la relevancia de la discusión entre los integrantes del equipo, el papel de la síntesis y comunicación de ideas.

También se aprecia que la estudiante, aún presenta una idea un tanto idealista de lo que se puede llegar a lograr con una secuencia de actividades, ya que plantea que por el mero hecho de partir de sus ideas previas y realizar la secuencia de actividades los mismos niños(as) después “puedan darse cuenta de sus errores y ser capaces de asimilar lo que habían aprendido y cambiar sus ideas”. Como es bien sabido, las ideas que construimos desde temprana edad sobre diferentes fenómenos naturales que nos rodean, son la forma en que entendemos y explicamos el mundo y, este conocimiento intuitivo que provee explicaciones a los fenómenos naturales, tiende a ser resistente al cambio (Osborne y Freyberg, 1991; Limón y Carretero, 2000), incluso hay estudios que muestran que en un mismo alumno coexisten diversas representaciones alternativas que se activan en contextos diferentes (Pozo y Carretero, 1987; Oliva, 1996). De ahí la importancia de siempre tener en cuenta dichas ideas, pero también de ser conscientes que la comprensión y por tanto el cambio de ciertas ideas a otras, es un proceso de trabajo constante a largo plazo.

María por su parte, al analizar una actividad (para niños y niñas) que tal y como está estructurada no tendrían cabida en el modelo de indagación como aprendizaje (pregunta 8 del cuestionario final), argumenta que dicha actividad *se trata del modelo educativo por descubrimiento, en él se le presenta a los niños y niñas una actividad a realizar que, supuestamente, ha de llevarles al descubrimiento de lo que allí ocurre y, por tanto, al conocimiento que dicha actividad genera.*” Del análisis de la secuencia diseñada menciona características importantes como la participación activa de los niños y niñas, que hagan preguntas, en lo que la estudiante llama *puesta en práctica de talleres* que, aunque parece confuso, al preguntar a la estudiante nos explica que habla de las actividades realizadas en la secuencia.

Así mismo habla de *aprender los conceptos teóricos mediante la experimentación de los mismos en situaciones prácticas*, lo que nos lleva a la importancia de pensar siempre en el contexto de los niños(as) para realizar actividades. También la estudiante menciona la realización de hipótesis, por parte del alumno, que es necesario someter a algún tipo de prueba, lo que en verdad sí que pudieron hacer los niños(as) en los simuladores al trabajar el concepto de temperatura y calor, aunque bien es cierto que debió haberse permitido mucho más tiempo en dicho trabajo. En uno de los apartados finales, la estudiante también menciona la importancia del papel del maestro como guía.

Finalmente, al igual que pasa con la mayoría de los estudiantes de magisterio en formación, tiene una idea un tanto idealista respecto a los resultados de la implementación de su secuencia de aprendizaje, si bien es verdad que hay resultados donde se evidencian avances en el buen camino del aprendizaje de estos conceptos, para garantizar un total aprendizaje de estos conceptos, habría que hacer un seguimiento con diferentes estrategias de aprendizaje, en varias sesiones más y asegurándonos que en esas estrategias

se pone a las niñas y niños a probar sus conocimientos, por ejemplo: pidiéndoles ejemplos diferentes a los trabajados en clase, evaluando las propiedades de un fenómeno en diferentes condiciones, etc.

Este es un aspecto a trabajar más con los estudiantes de magisterio en formación, dado que es importante que al finalizar su carrera no se queden con la idea de que, al implementar una sola serie de actividades en torno a uno o dos conceptos, ya se puede dar por sentado que han comprendido del todo los mismos. Como siempre hemos insistido, el aprendizaje y posible cambio de ideas previas es un proceso a largo plazo y de trabajo constante.

Almudena analiza correctamente actividades dirigidas a niños y niñas (pregunta 8 del cuestionario final) y realiza una crítica de las mismas expresando que *pertenece al modelo por descubrimiento* y como este tipo de actividades no tienen mucho sentido dentro del aprendizaje de las ciencias ya que sólo *“se dan instrucciones para observar, anotar observaciones e intentar llegar a alguna conclusión, pero sin ningún otro tipo de información...en ningún momento se tiene en cuenta sus ideas previas, orientación por parte del docente y así el estudiante va a alcanzar un aprendizaje disperso, distorsionado y repleto de errores conceptuales”*.

Respecto al análisis de la secuencia diseñada, reconoce la importancia de partir de las ideas previas de los niños y niñas, formular preguntas -que ella misma afirma, *no les había dado importancia para que el alumno pueda expresar lo que piensa y pueda construir conocimiento-* a partir de las cuales los niños puedan expresar sus ideas libremente. También habla de los beneficios del aprendizaje cooperativo que, no sólo es aplicable a los niños y niñas sino también al propio trabajo realizado con sus compañeras de equipo y además menciona un aspecto muy interesante: que más allá de la evaluación de los alumnos es *importante evaluar si la implementación (de una serie de actividades) ha sido efectiva o no...nos proporciona mucha información en los aspectos que ha sido beneficiosa para el aprendizaje y otros que han fallado y que pueden mejorarse*.

Esta reflexión que realiza Almudena es de gran valor, dado que nos muestra como la estudiante ahora piensa en la importancia de no sólo evaluar a los alumnos sino su misma labor como docente para así mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Otro de los aspectos interesantes referidos, es el relacionado con la búsqueda de actividades prácticas, o como ella llama: *actividades manipulativas*, donde reconoce que no cualquier actividad vale, dado que *“es un reto la búsqueda de actividades motivadoras donde se puedan vivenciar de forma manipulativa los conceptos...además, estas actividades tenían que tener significado y estar relacionadas con la vida diaria del alumno”*.

Vemos como su reflexión pone el acento en un tema que lleva desde hace años mostrándose en diferentes investigaciones: no basta con llevar al aula actividades experimentales tipo receta (Hodson, 1994, 1996, 2005; de Jong, 1998) o, donde los niños y niñas observan lo que hace el profesor (Roth et al., 2006) o, actividades que sólo sirvan para “jugar y divertir” y que no contribuyen a que los estudiantes interactúen con el contenido a través de experiencias prácticas relacionadas con los fenómenos del mundo real, u otros contextos de aprendizaje atractivos (Weiss et al., 2003).

Clara logra analizar y argumentar correctamente actividades pensadas para niños que no tienen sentido dentro del modelo de indagación como aprendizaje si no son reestructuradas (pregunta 8 del cuestionario final), la estudiante explica que la actividad mostrada pertenece al aprendizaje como descubrimiento ya que *“mediante la observación el alumno debe sacar las conclusiones de forma autónoma e individual. Se*

le presenta una secuencia a seguir y a partir de ahí el alumno debe sacar sus conclusiones” característica que, como bien sabemos, pertenecen a este modelo educativo. Respecto al análisis que realiza de su secuencia, realiza una reflexión interesante respecto a cómo *los programas escolares no facilitan aprender ciencias de forma comprensible y coherente* dado que, como afirma la estudiante: *estos programas y parte del profesorado se centran en el aprendizaje memorístico y sin sentido de las ciencias y la tecnología.*

Entendemos con esto último, y Clara lo explica en su reflexión, hace referencia a las características de cómo se trabaja en ciencia y tecnología realmente y la adaptación para la educación, es decir, *despertar la curiosidad e interés, la observación, análisis y comprensión de los fenómenos de la naturaleza y fomentar la actividad investigadora.* Igualmente menciona la necesidad de *reducir los contenidos para llevar a cabo una educación más comprensiva;* este aspecto, como bien defendemos en este trabajo, es uno de los pilares para poder lograr que los niños y niñas desarrollen realmente competencias científicas, es importante aprender a seleccionar las “ideas principales o centrales de CyT” (Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012) y discriminar entre aquello que es esencial y lo que no lo es, justificando la presencia de un contenido por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema y no por haber figurado tradicionalmente en los programas de enseñanza (Pedrinaci et al., 2012).

Tanto Clara como otras de sus compañeras y compañeros del equipo 1 menciona esta característica, lo que es muy significativo, dado que ver en sus reflexiones al finalizar del curso como centran la atención en estos aspectos, nos muestra la relevancia de innovar en los programas de formación del maestro(a) para que no sólo entiendan, sino discutan, analicen y comprendan el porqué de la importancia de empezar a realizar cambios en la manera tradicional de enseñar.

Las cuatro integrantes del equipo necesitan trabajar más en torno al planteamiento de problemas de interés para trabajar los contenidos científicos y realización de un hilo conductor basado en el modelo de indagación. Está claro, que su secuencia es una primera aproximación al modelo, pero necesita ser menos guiada por el maestro(a) y permitir que sean los niños y niñas quienes propongan los diseños experimentales para abordar el problema principal planteado ¿qué es el calor y la temperatura? A destacar por parte de las cuatro estudiantes, es la importancia que dan ahora tanto a las ideas previas de los niños como a las suyas propias y a conocer en profundidad el contenido a enseñar al momento de planificar una secuencia de enseñanza-aprendizaje. Estos aspectos, como bien sabemos, son de gran relevancia como punto de partida dentro del modelo de indagación como aprendizaje.

Todas las integrantes, en mayor o menor medida, presentan una excesiva preocupación por lograr realizar todas las actividades de su secuencia en un tiempo ajustado, con lo cual, la discusión entre los pequeños grupos de niños y niñas es casi inexistente, con un tiempo de espera (*wait time*) insuficiente para la discusión en los grupos. Con lo que, pese a que los estudiantes de magisterio hayan logrado planificar una secuencia aceptable basada en el modelo de indagación como aprendizaje, siguen teniendo esa percepción de los tiempos y “programa a dar” como algo de absoluta relevancia, lo que ha de trabajarse en los maestros(as) en formación. Como mencionábamos en análisis anteriores, pese a que aún no tienen experiencia en aula, parecen sentir el peso de tener que *cumplir con el tiempo estipulado* para desarrollar unos contenidos y no, porque se conciben y entiendan como un conjunto de “ideas principales o centrales de CyT”.

Esto es, discriminando entre aquello que es esencial y lo que no lo es y, justificando la presencia de los mismos por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un

	<p>problema de su entorno (Harlen, 2010, 2015; NRC, 2012). Se hace pues necesario llamar la atención en la formación inicial del maestro(a) de que si se quiere favorecer el aprendizaje del alumnado hay que relativizar “la obligación de dar todo el programa” ya que ésta es la principal excusa usada por muchos profesores y maestros en activo para no reflexionar sobre la innovación de sus enseñanzas puesto que ya las tiene programadas independientemente de las ideas del alumnado que tienen cada año y, por supuesto, no se plantean la evaluación de sus enseñanzas.</p>
	<p>Finalmente, como se puede leer a partir de la respuesta a la pregunta 14 (del cuestionario final), se nota en todas y, la mayoría de futuros maestros que lograron implementar la secuencia, una tendencia un tanto ingenua (puede ser que provocada por su falta de experiencia o por un desconocimiento sobre la complejidad de cómo los humanos comprendemos ciertos contenidos en profundidad y la necesidad de que sean trabajados a largo plazo) a percibir que la realización de una sola secuencia de aprendizaje sobre un contenido científico es más que suficiente para darlo por entendido del todo. Esto es importante también someterlo a discusión dentro de los programas de formación inicial de maestros(as), han de saber y valorar que la comprensión de un contenido, sea la materia que sea, es un proceso a largo plazo que se da a lo largo de toda la etapa escolar. Cuando los futuros maestros tienen claridad respecto a estos procesos son más susceptibles de entender la innovación en el aula como un proceso que debe ser realizado y valorado a largo plazo, no a corto plazo y, así se pueden evitar la frustración o el dejar de innovar porque ven que no da resultados inmediatos.</p>

CAPÍTULO 6:

**CONCLUSIONES Y
PERSPECTIVAS FUTURAS**

6.1 INTRODUCCIÓN

En este último capítulo se presentan las conclusiones de esta investigación y aspectos relevantes a considerar para futuras investigaciones. Para una mejor organización y lectura, el capítulo se dividirá en los siguientes apartados: Introducción, donde se recordará el objetivo general de la investigación y las hipótesis planteadas; el apartado 6.1 donde se presentan las conclusiones respecto a la operativización de la primera hipótesis que permite abordar la primera pregunta de investigación; en el apartado 6.2 se muestran las conclusiones respecto a la segunda hipótesis, que permite abordar la segunda pregunta de investigación y, finalmente, en el apartado 6.3 se presentan los problemas abiertos y las perspectivas para futuras investigaciones.

6.2 RECAPITULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y RESULTADOS OBTENIDOS AL CUESTIONARLAS

Esta investigación ha pretendido contribuir a mostrar la importancia de repensar la formación inicial de maestros(as) que actualmente se realiza en las facultades, puesto que, como se ha revelado en varios trabajos tanto nacionales (Gil y Pessoa de Carvalho, 2000; Furió y Carnicer, 2002a; Benarroch, 2004; Martín del Pozo et al., 2013; Rivero et al., 2013; Martínez-Chico, 2013, 2015; Martínez-Chico et al., 2014a, 2014b) como internacionales (Smith y Neale, 1989; Smith, 2002; Windschitl, 2004, 2006; Abd-El-Khalick et al., 2004, 2013; Rocard et al., 2007; Forbes, 2009, 2013; Forbes y Biggers, 2012), existen escasos vínculos entre la formación docente, los resultados de investigaciones y las necesidades escolares actuales.

Está claro que son muchos los factores implicados en los procesos de enseñanza-aprendizaje: por ejemplo, factores externos debidos a leyes y reformas educativas constantes, contexto escolar, etc. y factores internos, como pueden ser falta de recursos, falta de motivación e interés en estudiantes y profesores, currículos poco flexibles, etc. Sin embargo, también se cuestiona en cierta medida, si los docentes poseen el saber y las competencias para responder a las necesidades actuales (García, 2003; OECD, 2005b; Osborne y Dillon, 2008; COSCE, 2011; Bain, 2007; Rocard et al., 2007).

Lo que es común a estas investigaciones, es la evidente necesidad de transformar la enseñanza en la formación inicial de profesores y maestros, con el fin de facilitar al futuro docente la adquisición de conocimientos científicos y didácticos que le permitan ser competente en su *quehacer profesional*. En este sentido, se sugiere que un buen programa de formación docente debe proporcionar una preparación disciplinaria,

pedagógica y didáctica sólidas; sin embargo, tales conocimientos no deberían enseñarse a los profesores como bloques inconexos entre sí, sino más bien, como un espacio de formación en el cual los contenidos a enseñar sean sujeto del análisis y discusión didáctico-científica, que permitan repensar los contenidos de una asignatura y transformar o recrear didácticamente dichos contenidos para ser enseñados (Shulman, 1986, 1987; Grossman et al., 1989, 1990; Bolívar, 1993, 2005; Mellado 1997, 2012; Bain, 2007; Abell, 2007; Talanquer, 2004, 2014; Padilla et al., 2008; Acevedo, 2009a, 2009b; Garritz et al., 2009; Mellado, et al., 2011; Vilches y Gil, 2013).

De ahí que en esta investigación nos hayamos centrado, en particular, en diseñar y poner a prueba un modelo de investigación-acción (programa de formación) en el que los futuros maestros cooperaran en pequeños equipos para diseñar-analizar-evaluar una secuencia de enseñanza, a implementar en el aula de primaria, basada en la indagación como modelo de aprendizaje y, donde el profesor universitario tiene un papel de guía, mediador y colaborador constante apoyándose en las tutorías a pequeños equipos para enfocar y encauzar adecuadamente el trabajo de los equipos. Todo esto, es lo que permite a los futuros maestros(as) dar los primeros pasos y ser participantes activos en el proceso de mejora de su competencia docente en la enseñanza de las ciencias.

Como se explicó en el marco teórico, creemos que dicha competencia se ve favorecida en la medida en que el docente en formación mejora y afianza su conocimiento en torno a cuatro dimensiones: a) Conocimiento de la disciplina (que incluye tanto los contenidos científicos como los relativos a la NdC); b) conocimiento de los estudiantes (que incluye el conocer sus ideas previas respecto a los contenidos a enseñar, sus intereses y motivaciones, su contexto, etc.); c) conocimiento sobre estrategias de aprendizaje de las ciencias, en nuestro caso nos referimos al modelo de enseñanza-aprendizaje como indagación; y d) conocimiento sobre cómo evaluar el aprendizaje de los niños y niñas según el modelo de enseñanza utilizado.

Estas cuatro dimensiones son consideradas nuestra base teórica para el programa de formación planteado, y surgen del análisis crítico y adaptación de un modelo de formación docente ampliamente estudiado, analizado y probado por resultados de investigación (como mostrábamos en el segundo capítulo con amplia bibliografía), un modelo que plantea la necesaria reorientación de la enseñanza del futuro docente enfatizando los procesos de razonamiento y acción pedagógico-didáctica del mismo (Grossman et al., 1989; Grossman 1990; Magnusson et al., 1999) introduciendo como constructo el CDC, en el que se explica que para desarrollar una adecuada competencia docente ha de centrarse la atención en el estudio del pensamiento y la acción del profesor sobre la enseñanza del contenido de la asignatura que pretende enseñar.

El CDC incluye pues, las conexiones o interacciones entre los conocimientos pedagógicos, conocimientos científicos, ideas espontáneas respecto a la enseñanza y la construcción de la ciencia, conocimientos del contexto educativo, de los estudiantes y conocimientos didácticos del docente, que cuando se articulan adecuadamente permiten la transformación del contenido para su enseñanza y por la que, en palabras de Shulman (1987, pp. 8), *“se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses y capacidades de los y las estudiantes, y se exponen para su enseñanza”*.

Así pues, recordamos las tres hipótesis de trabajo:

H1: El programa de formación propuesto en la clase de Didáctica de las Ciencias contribuirá a que los maestros en formación inicial mejoren su conocimiento científico superando, por una parte, ideas preconcebidas sobre los conceptos y, por otra, saliendo al paso de visiones deformadas sobre la actividad científica.

H2: El programa de formación propuesto permitirá a los maestros en formación diseñar de forma cooperativa una secuencia de aprendizaje (de un tema de ciencias del Currículo de Primaria) basada en el modelo de aprendizaje como indagación y, posteriormente, realicen un análisis crítico-constructivo de todo el proceso vivenciado de cara a la influencia en su CDC.

6.2.1 Conclusiones respecto a H1

Recordamos que, para cuestionar esta hipótesis, se utilizó, por una parte, un cuestionario pretest (C-1), al inicio del curso, para reconocer las ideas espontáneas que tienen los estudiantes con respecto a NdC. Por otra parte, para identificar las ideas previas respecto el contenido científico a trabajar, se utilizaron distintos documentos escritos (E1a, E1b) de respuesta abierta y las observaciones directas de las discusiones durante las tutorías (video y audios G1).

Finalmente, para identificar la evolución/mejoramiento o persistencia de sus ideas (respecto a la NdC y Contenido científico a enseñar), después de haber participado en el programa de formación se utilizaron dos cuestionarios: uno de auto-análisis sobre las propias visiones deformadas de la actividad científica identificadas (C-2) y las preguntas 1 y 5 a 8 del cuestionario final de tipo abierto (C-6). A partir de los resultados y análisis, presentados en los capítulos 4 y 5, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

6.2.1.1 Respeto a la evolución de las ideas, de los 7 maestros en formación, sobre NdC:

- En los análisis de C-1 no se evidencia una tendencia tan marcada hacia ideas empiro-inductivistas o visiones descontextualizadas del trabajo científico (Fernández et al., 2002), con excepción de la idea de la “*observación*” como punto de partida y aspecto de gran importancia en la experimentación y planteamiento de teorías, que en los miembros de los dos equipos es predominante. Tampoco hubo una tendencia marcada hacia concepciones rígidas de la actividad científica, como ocurre en otros trabajos presentados respecto a las concepciones de los futuros maestros(as) y maestros(as) sobre la enseñanza de las ciencias (Guisasola y Morentin, 2007), sí que mostraban ideas que podían aceptar el método científico como una serie de pasos, que ha de seguirse sin alteraciones, pero a la vez, expresaban claridad respecto al valor de las hipótesis y la necesidad de ser cuestionadas.
- La visión de ciencia acumulativa y de crecimiento lineal es una constante en los miembros de los equipos, que principalmente lo explican debido a avances tecnológicos, los cuales permiten detectar “fallos anteriores” y “avanzar más en los conocimientos”, aspectos que sí concuerdan con trabajos de investigación presentados al respecto (Fernández et al., 2002; Guisasola y Morentin, 2007). Así pues, la tendencia poco marcada hacia ciertas concepciones de la actividad científica es debido, seguramente, a que en cursos anteriores gran parte de los estudiantes habían trabajado en sus clases en torno a las visiones deformadas de la ciencia, lo que confirma lo valioso que es discutir y debatir en las aulas de formación docente, una adecuada comprensión de la naturaleza del conocimiento científico como requisito necesario, que afecta su quehacer docente, ya que, como bien sabemos, son ideas que persisten en el tiempo e influyen en las decisiones que los docentes toman al momento de realizar la planificación curricular y enseñar en las aulas.
- También del análisis de C-1, se encontró que la mayoría de los estudiantes reconocen, a nivel teórico, las hipótesis como un elemento importante dentro de la metodología científica, sin embargo, al enfrentarles ante diferentes situaciones, que implican llegar a la solución de un problema, no usan las mismas como punto de partida para abordar dicho problema. Lo que claramente podía influir a posteriori en cómo iban a entender/abordar las características importantes de la indagación como modelo de aprendizaje y también como tenían pensado implementar el modelo.

Es decir, si estas ideas no hubiesen sido tratadas y debatidas durante las clases, en particular para cada equipo durante las tutorías, muy posiblemente las actividades que plantearían en su secuencia de aprendizaje no permitirían a los niños y niñas enfrentarse

a una situación de novedad, sorpresa o incongruencia que active su capacidad, o bien para hacer preguntas frente a lo que está ocurriendo (Dillon, 1990), o bien para generar ideas (a modo de hipótesis) para explicar lo que ocurre. Como bien sabemos, son la base de la indagación como modelo de aprendizaje.

- Respecto a la idea de experimento, otro de los elementos importantes dentro de la metodología científica, se observa que algunos ven el experimento como un procedimiento para cuestionar ideas o hipótesis, lo cual es correcto, pero ninguna de las ideas que plantean lo relacionan con otros elementos importantes dentro de la metodología científica como las condiciones controladas o control de variables y su relación con el planteamiento de análisis de resultados y posteriores conclusiones. Incluso María explica que entiende el experimento como una fase anterior a una investigación y para Almudena el experimento es previo a la realización de hipótesis, planteamientos que evidenciaban, por lo menos en María y Almudena una visión un tanto empiro-inductivista de la actividad científica.

Así pues, en general, se aprecia una visión poco clara de la metodología científica, lo que coincide con las conclusiones respecto a NdC (al inicio del curso) presentadas más arriba, donde se evidencian matices de una visión un tanto rígida-algorítmica y empiro-inductivista de la ciencia, pero sin llegar a extremos como los que han mostrado en otros trabajos (Murcia y Schibeci, 1999) donde muestran de forma más marcada que los futuros maestros tienen una comprensión ingenua y poco clara de la metodología científica, siendo constantes las referencias al “descubrimiento de la verdad” a través de las observaciones y pruebas experimentales (que al ser más y más comprobadas, dotan al conocimiento científico de veracidad, pero no de naturaleza tentativa).

- Dada la persistencia de estas concepciones, no sólo basta con mencionarlas en seminarios o clases expositivas, es necesario que cada maestro(a) en formación reconozca cuáles de estas concepciones tiene y en qué modo pueden influir las mismas sobre su idea de enseñanza, por ello consideramos de gran valor herramientas de análisis metacognitivo, como las que utilizaron los miembros de cada equipo para analizar su propio cuestionario 1 y analizar actividades diseñadas para niños que según como están estructuradas podrían provocar y/o reforzar visiones distorsionadas de la actividad científica.

Si bien somos conscientes que en un cuatrimestre no se logra cambiar del todo una idea alternativa, sí que se logran avances realizando actividades de este tipo, en nuestro caso en particular, al final del curso, pudimos observar en las reflexiones finales de los estudiantes que todos en mayor o menor grado reconocen algunas de sus propias

concepciones alternativas, explicando por qué creen que las tienen. En dichos análisis metacognitivos Paula y Ana identifican, por ejemplo, que tenían una visión rígida e infalible dado que asumía que los conocimientos científicos son *“verdades absolutas”* y *“siempre hemos creído que no es flexible”*, mostrando la ciencia como verídica y exacta.

Así mismo, Paula identifica una visión aproblemática y descontextualizada, dado que entendía la ciencia como un producto aislado de la realidad y los problemas que se presentan. Ana, Almudena y Clara también reconocen que tiene una visión descontextualizada de la ciencia dado que pensaba que *“...la tecnología es una aplicación o subproducto de la ciencia...”* y Almudena por su parte reconoce tener una visión descontextualizada dado que *“pensaba que la ciencia no tenía nada que ver con creencias, con intereses económicos y políticos, me imaginaba que era muy objetiva”*.

En el cuestionario de Lucía, ella explica que, en parte, tiene una visión aproblemática-atéorica porque no se había parado a pensar en el proceso que se lleva a cabo para poder concretar y formalizar un conocimiento científico, ni los obstáculos que son preciso superar, los cambios, modificaciones. Como se puede apreciar, y como proponemos en este trabajo, una de las dimensiones más importantes a trabajar con los futuros docentes para mejorar su enseñanza, es el permitirles vivenciar un proceso en el que no solo se identifiquen sus creencias sino, a partir de las mismas, se permita el autoanálisis de su propia epistemología (Bell et al., 2001; Lederman et al., 1994; Furió y Gil, 1999; Furió y Carnicer, 2002b; Abell, 2007; Abd-El-Khalick, 2013).

- Por otra parte, producto del análisis de actividades “experimentales tipo”, identifican que muchas de las actividades planteadas en los libros de texto o las que se encuentran en internet, tienden a mostrar una visión rígida-algorítmica, empiro-inductivista y también aproblemática de la actividad científica. Como ejemplo de los logros alcanzados al final de curso podemos citar la reflexión de Almudena: “el experimento se presenta como una serie de instrucciones a seguir, ya definidas de forma ordenada que, mediante la observación de un fenómeno, pretende llegar a un conocimiento científico objetivo y exacto, pero que no tiene en cuenta en ningún momento la creatividad, la duda, ni la imaginación del alumno, así como tampoco la posibilidad de que los resultados obtenidos sean revisados”, es interesante en esta estudiante precisamente porque a inicio de curso las actividades que plantea para su secuencia (apartado 5.2.2) son actividades que precisamente implican una visión empiro-inductivista de la ciencia con gran importancia en la observación. La evolución de sus ideas es notable.

La reflexión de María también muestra una evolución favorable: “Si nos basamos simplemente en lo descrito en el libro y no en las aportaciones que podríamos añadir como docentes para darle a esta actividad otro enfoque propio de otro modelo, se trata del modelo educativo por descubrimiento. En el que se le presenta a los niños y niñas una actividad a realizar que, supuestamente, ha de llevarlos al descubrimiento de lo que allí pasa y por tanto al conocimiento que dicha actividad “creen” que genera...En este caso se cae en una visión empiro-inductivista principalmente.

Se supone que mediante la observación de lo sucedido en este experimento ilustrativo vamos a llegar a algunas conclusiones que son totalmente imposibles de alcanzar (al menos para mí) a partir de solo los datos y procedimientos aquí expuestos...” como se puede apreciar, identifica y argumenta con claridad las visiones distorsionadas de la ciencia que pueden transmitirse con ciertas actividades que, en principio, parecen adecuadas para trabajar en el aula y se encuentran propuestas en libros de primaria, pero que realizando un análisis concienzudo de la misma, no deja de ser una actividad tipo receta en la que se espera que los niños descubran por sí solos, sin más, la explicación a un fenómeno.

6.2.1.2 Respecto a la evolución de las ideas, de los 7 maestros en formación, sobre el contenido a enseñar:

- El análisis constante de las ideas previas más comunes de los niños(as) permitió a los maestros(as) en formación también reconocer que ellos mismos tenían estas ideas previas y de ahí considerarlas vitales para trabajar los contenidos a partir de ellas, se convierten pues en una fuente importante de conocimiento que permite al futuro maestro tomar decisiones respecto a por dónde empezar y qué actividades pueden ser pertinentes.

Un ejemplo de ello, recordando los apartados 4.4 y 5.5 de síntesis de los estudios de caso, es la reflexión que hace Clara al final del curso cuando plantea que “hay que conocer las ideas previas tanto de los niños como de los mismos maestros en formación porque ambos presentan ideas erróneas...nosotras creíamos que el calor era la transferencia de temperatura, pero el calor es la transferencia de energía del cuerpo que se encuentra a mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura”. Lucía en su reflexión final indica que antes de trasladar la propuesta al aula es necesario “realizar un profundo trabajo de documentación para poder lograr los conocimientos suficientes del tema y poder desechar las ideas previas erróneas”.

Así mismo, Paula plantea que antes del trabajo realizado durante el cuatrimestre no sabía “que las ideas previas de las niñas y niños eran tan importantes a la hora de planificar una propuesta. Estas ideas son importantes para trabajar cualquier tema, incluso nuestras propias ideas previas como maestros, porque tenemos bastantes”. Por su parte Lucía claramente expresa que antes del proceso vivenciado, “no tenía ni idea de la importancia de conocer en profundidad el contenido científico a enseñar”, lo que muestra la relevancia de la primera dimensión. Igualmente expresa que ahora conoce aspectos de la enseñanza que antes no tenía claro: “...tener en cuenta aspectos que antes, por desconocimiento, no sabía que deberían tenerse en cuenta...ahora sé que, para planificar una secuencia (de enseñanza entendemos), necesariamente necesito saber qué ideas previas se tienen de esos conceptos, tener unos objetivos claros, controlar el tema...y todas esas otras variables que, sinceramente no había pensado en ellas”.

La reflexión que hace Almudena sobre este aspecto, podríamos considerarla la síntesis de lo imprescindible que es trabajar estas ideas desde las aulas de magisterio, en relación con un contenido específico a enseñar en una planificación concreta, y no como seminarios generales sobre ideas previas, Almudena plantea: “...*la explicación de los maestros que caen en el error de seguir los libros de texto sin analizarlo primero y comprobar que muchas veces estas explicaciones están abordadas de forma incorrecta. En algunos libros de texto de primaria que analizamos pudimos ver que algunos introducen conceptos erróneos o sin tener relación, como, por ejemplo, mezclan los tipos de energía con las fuentes o nombran la temperatura sin hacer ninguna explicación. Por ello, es necesario que el maestro tenga la tarea de fundamentarse en estos conceptos antes de enseñárselo a los alumnos, porque si no se tiene realmente claro, no se puede llevar una buena explicación para que los alumnos aprendan*”.

- Queda claro, que se hace necesario permitir a los estudiantes en las facultades de Magisterio entender, por medio de la propia experiencia, lo fundamental que es conocer en profundidad el contenido a enseñar, no basta con ser partícipes en un seminario sobre ideas previas de diferentes conceptos de ciencias, los maestros en formación han de saber, ellos mismos, qué contenidos a enseñar conocen realmente, qué ideas previas tienen respecto a los mismos, qué problemas tienen para entender o poder profundizar en los mismos.

Como se vio en el análisis de los instrumentos E-1a y E-1b y pese a que en cursos anteriores (en una asignatura llamada Ciencias para Maestros) se han visto de alguna manera los conceptos científicos que se incluyen del Currículo de Educación Primaria, de los 8 estudiantes de nuestros 2 equipos, sólo 1 en verdad tenía ideas claras y correctas

respecto a los conceptos a trabajar en su secuencia didáctica⁷³. Vemos como, al igual que se plantea en amplia bibliografía (Abell y Roth, 1992; Harlen, 1997; Appleton, 2003; OCDE, 2006a; Dorph et al., 2011; Murphy et al, 2012), es imprescindible permitir que los maestros en formación puedan, en la misma facultad, analizar, estudiar, debatir, estructurar y reestructurar los contenidos científicos a enseñar.

- Para el estudio de los casos del equipo 1, sobre el concepto de sonido, se evidencia la necesidad de reforzar la significación de la expresión “onda sonora” -que fue utilizada por los participantes en sus implementaciones de su secuencia, pero teniendo una idea muy básica del fenómeno, casi igual que la que pueden llegar a desarrollar los niños y niñas-, todos los integrantes definen, al final del cuatrimestre, la idea de sonido como el fenómeno que se produce cuando la materia vibra y se necesita un medio (sólido, líquido o gas) para propagar dicha vibración, no existe sonido sin medio de propagación. Si bien estas ideas son correctas y mucho mejores que las que presentaban al inicio de curso (definir sonido como “...ruido que se produce cuando tocamos o golpeamos objetos”, “ondas que chocan y rebotan”) son un buen inicio que debe complementarse correctamente.

En el futuro será necesario introducir, afianzar y clarificar el modelo de onda de presión que se materializa al entender el papel de las partículas del material, dado que son estas las que vibran y al oscilar, generan presión y descensos alternativamente (dilatación y compresión), en las partículas adyacentes, lo que produce el movimiento de la onda en el medio (por ello el sonido es un tipo de onda de presión) y, por tanto, sin partículas que realicen esta oscilación no existe transmisión de la vibración, lo que explica que en el vacío no se produzcan sonidos. Así mismo, falta profundizar en el papel y funcionamiento del oído, dado que evidentemente, sin un sistema receptor de dichas ondas de presión, no podríamos hablar de “sonido”.

- Según el análisis de los estudios de casos del equipo 2, las ideas previas erróneas respecto a los conceptos de Calor y Temperatura fueron las más difíciles de abordar dada su estrecha relación con la idea de Energía, concepto que también es complejo y tiene amplia cantidad de ideas previas erróneas que persisten a lo largo de los años (Erickson y Tiberghien, 1989; Hierrezuelo y Molina, 1990; Michinel y D'Alessandro, 1994; Solbes y Tarín, 2004; Gómez-Zweip, 2008; Rosebery et al., 2010). De hecho, el concepto de Temperatura seguía presentando problemas para las integrantes del grupo, por ejemplo, María en su cuestionaría final explica la temperatura como la medida del movimiento de las partículas.

⁷³. Aunque como bien aclaramos en el capítulo 5, Esther es prácticamente una excepción, dado que había realizado una carrera del área de ciencias previa a magisterio.

Cuando el movimiento de las partículas es más rápido, la temperatura asciende... si bien no está del todo mal asociar la temperatura al movimiento de las partículas, ha de tenerse cuidado para no asociar dicho movimiento y "rapidez" únicamente a la velocidad (porque en el fondo la magnitud que mide el movimiento de un objeto o de una partícula es la velocidad) ya que se puede dejar de lado la asociación de la temperatura con el estado de agitación y la energía cinética y/o potencial promedio del conjunto de partículas de un cuerpo o sistema, o sea, si la Temperatura de un gas es alta podemos afirmar que el conjunto de sus partículas se mueve más rápidamente y, por tanto, tiene una mayor energía, pero no al revés.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que el movimiento de las partículas en el estado gaseoso suele concebirse como de traslación, pero, por ejemplo, en el estado sólido, el movimiento de las partículas se considera que es vibratorio armónico (también es vibratorio en el caso de la propagación del sonido a través del aire en estado estático). Así se puede comprender que la idea de energía se pueda asociar tanto al movimiento del sistema o de las partículas –energía cinética- como a la configuración del sistema o de las partículas ligadas por campos de fuerza –energías potenciales- que responden a ideas correctas desde el punto de vista científico. Así pues, conceptos como Calor, Temperatura y su relación con Energía es de gran importancia trabajarlos con mucha más profundidad con los estudiantes de magisterio dado que son conceptos que desde temprana edad empiezan a producir ideas alternativas que no cambian con facilidad a lo largo del tiempo, incluso persisten en estudiantes de física o química universitarios.

6.2.2 Conclusiones respecto a H2

Recordamos que, para cuestionar esta hipótesis, se utilizó, a mediados del curso, el instrumento E-2, para reconocer las ideas espontáneas que tienen los estudiantes con respecto a cómo enseñar un contenido, así como la relación que establecen entre objetivos y estrategias de aprendizaje. También se utilizó el documento escrito (E-3) donde se recogen las reflexiones y análisis de la indagación como modelo de aprendizaje (después de haber debatido y vivenciado el programa) y, observaciones directas de las discusiones durante las tutorías (audios G-2).

Al final del curso, para conocer la evolución, mejora y/o permanencia de sus ideas (respecto a cómo enseñar y el uso de metodologías innovadoras como la indagación), se utilizaron, por una parte, los datos obtenidos a partir del análisis de los instrumentos C-3 y C-4 (matrices de valoración establecidas para las secuencias de enseñanza realizadas por cada equipo y su implementación) y las observaciones directas de las

implementaciones de las secuencias (videos G-3) en la universidad. Por otra parte, las preguntas 2 a 4 y 10-11 del cuestionario C-6.

También, por una parte, se analizan las preguntas 9 a 14 sobre la percepción (favorable o desfavorable) que puede tener el futuro maestro(a) respecto al uso de metodologías innovadoras en el aula, como lo es el aprendizaje basado en la indagación, y el modelo de acción (o programa de formación) en el que participaron. Por otra parte, se tienen en cuenta los cuestionarios C-4 (para analizar la implementación que se realizó a los niños y niñas en los colegios), C-5 (cuestionario que rellenan los niños y niñas) y grabación de videos (G-4).

Dado que el cómo se implementan las secuencias en los colegios y los logros alcanzados por los niños nos sirven para valorar cómo los conocimientos adquiridos por los futuros maestros son puestos en práctica y, por tanto, nos dejan ver si se ha visto favorecido el desarrollo inicial de su competencia docente. Así pues, de los resultados y análisis, presentados en los capítulos 4 y 5, llegamos a las siguientes conclusiones:

6.2.2.1 Respecto a la Indagación como modelo de aprendizaje

- Del análisis del documento E-2, destaca la dificultad que presentan los integrantes de ambos equipos para establecer unos objetivos de aprendizaje claros, pese a que los contenidos científicos que querían trabajar en su secuencia ya lo estaban, inicialmente se aprecia ambigüedad y confusión en la formulación de dichos objetivos y, tampoco se diferencia entre objetivos generales de la asignatura y objetivos específicos. Por ejemplo, Juan escribe: “el estudiante debe ser capaz de diferenciar diferentes sonidos y el ruido”, Lucia escribe: “estimar que el sonido se propaga por los líquidos”, o Clara que propone: “conocer el paso de las partículas de un cuerpo a otro y el porqué de su calentamiento”.

Somos conscientes que al no haber ejercido la docencia y dada la falta de experiencia práctica de los estudiantes universitarios, es normal encontrar este tipo de formulaciones. Sin embargo, al ser una de las acciones que tendrá que hacer el docente constantemente en sus programaciones, se resalta la necesidad de trabajar en las aulas de magisterio actividades en las que los estudiantes puedan entender-analizar-discutir la relación entre los contenidos, los objetivos de aprendizaje y las actividades (estrategias) de aprendizaje, *sine qua non* es posible que la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje posibilite bien la adquisición y desarrollo de competencias *ad hoc* en los niños y niñas, o bien no criticar visiones distorsionadas de la ciencia y la actividad científica.

También, como se menciona en abundante bibliografía (Weiss et al., 2003; Banilower et al., 2006; Reinsvold y Cochran, 2012), respecto a la enseñanza en Educación Primaria, es fácil caer en el activismo ingenuo (*activity for activity's sake*) cuando los objetivos de aprendizaje no están del todo claros y por tanto la planificación del contenido y las actividades se pierden sin más. Al final del curso, como se pudo apreciar en los cuestionarios C-6, los estudiantes mejoran notablemente su comprensión de la función y alcance de un objetivo de aprendizaje, así como su formulación.

- Una vez entendida la relación de coherencia existente entre contenidos y objetivos de aprendizaje, era el momento de analizar y reflexionar en torno al tipo de actividades para lograr dichos objetivos, así pues, producto de las discusiones durante las tutorías, también se clarificaron aspectos sobre la Indagación como modelo de aprendizaje y las actividades que cada equipo pretendía llevar a cabo en su secuencia según este modelo.

Como se pudo apreciar en los resultados (apartados 4.2.2, 4.2.3, 5.2.2, 5.2.3), al inicio del curso, los estudiantes de magisterio, por un lado, entendían el modelo de indagación como la realización de “experimentos atractivos”, que no parten de un problema o situación problemática, no tiene unos objetivos claros ni una estructura clara de por qué se hace lo que se hace, no favorecen la interpretación/explicación de un fenómeno sino más bien la observación/descripción, tampoco se menciona favorecer la emisión de hipótesis ni comunicar y discutir resultados. Ello concuerda con trabajos como los de Bugallo et al., (2013) en donde también se muestra la dificultad que tienen los maestros en formación para integrar los componentes científicos y didácticos, lo que evidencia un problema claro en la idea que tienen los futuros maestros sobre las competencias discentes que han de desarrollar en las actividades que realizan en el aula.

- Por otro lado, los maestros en formación tienen la idea de que cualquier actividad “interesante, divertida, que llame la atención del niño(a)” es adecuada para aprender los conceptos científicos a trabajar, en conclusión, se presentaba el típico activismo ingenuo en el que suele caerse. De hecho, una de las estudiantes, Paula, reconoce que en ningún momento de la educación recibida parte de un problema para aprender los contenidos de Ciencias en Primaria: “Como nunca habíamos tenido una clase de ciencias pensada así... por lo menos en mi caso...pues no te das cuenta del trabajo que realmente implica por parte del maestro plantear este tipo de actividades. Pensaba que con elegir experimentos divertidos y que los niños los hiciesen era suficiente... ¿sabes?... es algo que damos por sentado...de hecho, yo en el instituto no hice experimentos de ningún tipo”.

Es precisamente esa falta de vivencia del modelo de enseñanza/aprendizaje en sí, lo que lleva a la mayoría de maestros tanto en formación como en activo a recurrir a los estilos tradicionales de enseñanza que nada tienen que ver con metodologías de trabajo en el aula como las que buscan desarrollar competencias en ciencias en los estudiantes de todas las etapas de escolarización y con las que se intenta favorecer la “alfabetización científica y tecnológica” (OCDE, 2006a; Rocard et al., 2007).

- También se presentan en estos estudiantes de Magisterio ideas típicas de carácter empiro-inductivistas basadas en el aprendizaje como descubrimiento, es decir, el niño ha de realizar una actividad experimental presentada por el maestro –o sea, sin significado para el niño- y, a partir del resultado explicado por el maestro, el niño “inducirá la idea correcta”. Por ejemplo, en una de las actividades que plantea Ana (en su cuestionario de ideas previas) se expone: “cada grupo colocará un reloj en una bolsa y después extraerán el aire, podrán ver cómo deja de sonar, el sonido no se propaga en el vacío, en una hoja deberán escribir por qué no suena al extraer el aire”. Paula por su parte plantea: “haremos que los estudiantes mastiquen palomitas para comprender que el sonido se propaga también en los sólidos”.

María (para tratar la relación entre agitación de las partículas y energía) expresa: “mostrar el movimiento de las partículas...por medio de bolas pequeñas en un recipiente que se mueven...a continuación en otro recipiente mostrar otras con movimiento más rápido...”, Clara plantea: “en un recipiente colocaremos agua a una determinada temperatura y la mediremos con el termómetro, en otro colocaremos también agua a distinta temperatura del primero...volvemos a medir la temperatura para ver cómo se han equilibrado ambas...”

De ahí que defendamos en este modelo de acción darle especial importancia al análisis y discusión de este tipo de ideas en las tutorías porque son las ideas respecto a la enseñanza que posteriormente se perpetúan y posiblemente se convierten en teorías implícitas (Pozo, 2006) que consciente o inconscientemente generan un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que no necesariamente es el que más propicia el desarrollo de la competencia científica (Weiss et al., 2003; Rocard et al., 2007).

- Para los maestros(as) en formación el planteamiento del problema y la realización de un hilo conductor basado en pequeñas cuestiones que guiaran las actividades y por tanto permitieran alcanzar los objetivos de aprendizaje establecidos, es de las características de la indagación que más representó un reto y, donde el papel de las tutorías se remarca aún más como un espacio de análisis, cooperación, reflexión y

ayuda en el que se dialoga con cada equipo respecto a la relevancia de estos elementos.

Al finalizar el curso, todos los miembros de los equipos reconocen en sus reflexiones que la metodología de indagación como modelo de aprendizaje requiere una forma de pensar la enseñanza de manera diferente, que requiere una “planificación y profundo trabajo de documentación para poder lograr los conocimientos suficientes del tema y conocer las ideas previas erróneas...plantearse preguntas clave”, como afirma Lucía. Así mismo reconocen que es una metodología donde “el profesor deja de ser el transmisor de la información y el estudiante está activo en su aprendizaje: opina, experimenta, hace hipótesis...ponen en común los conocimientos” como afirma Ana.

Siendo conscientes del trabajo y compromiso que implica, también reconocen (dado que en las implementaciones realizadas en los colegios lo comprobaron) que es un modelo que facilita la participación activa de los niños y niñas, tanto de forma individual como grupal y, también promueve el interés por aprender contenidos científicos, expresar ideas y participar en actividades prácticas con más interés y más allá de la simple observación como bien se pudo observar en los resultados obtenidos en los colegios y mencionados en los apartados 4.3 y 5.3.

Por otra parte, las situaciones problemáticas planteadas en las secuencias de ambos equipos siempre implican introducir a los niños en cuentos, juegos, teatrillos etc. y aunque en las tutorías se discutía que no es preciso crear entornos fantásticos para trabajar un contenido en las asignaturas de ciencias, los estudiantes de magisterio tienen tendencia a pensar que el trabajo con los niños debe ser así para que resulte divertido, creativo y que puedan disfrutar los niños y niñas. Una especie de tendencia exagerada a pensar que el juego es la única solución en el aula de primaria para que los niños y niñas no se aburran y “en verdad aprendan”. De ahí que sus secuencias tengan como hilo conductor dichos entornos fantásticos que, si bien pueden ser interesantes, es importante discutir y analizar el porqué de dichas creencias, sobre todo porque pueden convertirse en ideas preconcebidas que pueden menospreciar el trabajo de aula no basado en juegos o entornos fantásticos.

- En los documentos E-3 de ambos equipos (Reflexión grupal sobre la indagación como modelo de aprendizaje) se identifican características importantes e imprescindibles de la alfabetización científica y tecnológica como: favorecer la motivación, el aprendizaje autónomo, trabajo en equipo, trabajar para resolver problemas prácticos, etc., como ventajas de la indagación como modelo de aprendizaje. Sin embargo, paradójicamente, también identifican como desventajas del mismo modelo, el hecho

de que son actividades que “consumen mucho tiempo” y por tanto dificultan impartir todo el “contenido programado”.

Ello lo que nos indica es que los maestros en formación, pese a que aún no tienen experiencia de aula, parecen sentir el peso de tener que cumplir “sí o sí” con unos contenidos que se asumen como inamovibles e inflexibles, solo por el hecho de haber figurado tradicionalmente en los programas de enseñanza y libros de texto (Apple, 1989; Campanario, 2001; 2003; Pedrinaci et al., 2012; Ocelli y Valeiras, 2013) y no, porque se conciben y entiendan como un conjunto de “ideas principales o centrales de CyT”, esto es, discriminando entre aquello que es esencial y lo que no lo es y, justificando la presencia de los mismos por la utilidad que puede tener para ayudar a los estudiantes a enfocar, delimitar o resolver un problema de su entorno (Harlen, 2010, 2015).

- Del análisis de los cuestionarios finales C-6, se puede apreciar que, en los dos equipos, los estudiantes identifican características y momentos significativos a tener en cuenta cuando se trabaja con la indagación como modelo de aprendizaje, como son: identificación primaria de posibles ideas previas respecto al contenido a trabajar, participación activa del estudiante por medio de la experimentación más que la mera observación, discusión en pequeños equipos para analizar y concluir, utilización de variedad de recursos (que estimulen todos los sentidos), las preguntas como ejes vertebradores de procesos de aprendizaje y el papel del docente como guía y tutor comprometido.

Sin embargo, aún falta asimilar y comprender la trascendencia de partir de un problema contextualizado y que sean los niños y niñas los que planteen hipótesis susceptibles de ser cuestionadas de diferentes formas. Se hace pues necesario reforzar en el futuro el trabajo en el aula sobre estos dos aspectos, realizando, por ejemplo, actividades de aula universitaria en la que los estudiantes puedan transformar los títulos convencionales en posibles problemas accesibles a ser cuestionados por los niños y niñas o, vivenciando situaciones simples de un fenómeno dónde puedan generarse preguntas en torno al mismo e iniciar un proceso de cómo podrían responderse las mismas, o cómo poner a prueba la explicación, es decir, iniciarles en el diseño de un experimento (Metz, 2004, 2008, 2011).

Pero, sobre todo, trabajando en cómo prescindir de ciertas creencias sobre la enseñanza en Educación Primaria porque, por una parte, como se ha mostrado en los resultados, los estudiantes universitarios muestran una preocupación constante, pese a que aún no tienen experiencia en el aula, por tener “el control” de lo que pueda suceder en el aula o puedan llegar a preguntar los niños y niñas respecto algún resultado inesperado de una

actividad práctica y, como docentes, no sepan la “respuesta correcta”. De hecho, ambos equipos resaltaron que sentían “*angustia*” o “*temor*” durante la implementación por estos aspectos.

- De las reflexiones particulares y percepciones de los estudiantes universitarios, respecto al modelo de indagación y su relación con el posible desarrollo de la competencia docente en enseñanza de las ciencias, se aprecia que perciben el mismo como un modelo útil no sólo para el aprendizaje de los niños y niñas sino también de los mismos maestros. Por ejemplo, Ana presenta reflexiones en las que se plantea que, pese a que cuesta, realizar una planificación basada en el modelo de aprendizaje como indagación, en definitiva, “los conceptos quedan más integrados y mejor entendidos, además de que puede influir positivamente en el comportamiento de los estudiantes y, en su predisposición para aprender”.

También la estudiante argumenta que antes no sabía que esto podía ser así y, gracias al trabajo realizado en la asignatura entiende “la importancia de dejar (entendemos que hace referencia a que el/a maestro(a) facilite e impulse) que las niñas y niños indaguen, realicen hipótesis, experimenten, y participen activamente para que así puedan ellos mismos desarrollar ideas y conocimientos y estén más abiertos a aprender”. Aparte de estos aspectos, también recalca la importancia de conocer el contenido a enseñar, para superar algunas ideas previas que ella misma tenía respecto a la velocidad de propagación del sonido en diferentes medios.

Esther por su parte, menciona explícitamente que antes no sabía *“todo lo que debía abordar para llevar a cabo una buena preparación de una sesión, concretar del todo lo importante de un tema (a nuestro entender, hace referencia a la relevancia de seleccionar contenidos), la gran importancia de partir de los conocimientos previos de los alumnos”*. María también reconoce que antes no sabía *lo que implicaba enseñar de forma significativa y ser consciente del trabajo previo que conlleva*” y, al finalizar el curso reconoce que se pueden *“enseñar conceptos con un alto grado de abstracción de forma práctica, teniendo en cuenta las ideas previas de los alumnos, los objetivos, una metodología clara para llevar al aula esos conceptos y el papel del maestro como conductor del aprendizaje (entendemos que hace referencias al maestro como guía)”*.

Lucía también reflexiona en torno a estos aspectos y reconoce que antes no sabía todo lo que implicaba un proceso de planificación implicado en la elaboración de una propuesta didáctica innovadora. Almudena por su parte, reflexiona sobre la importancia de las preguntas en el aprendizaje de los niños, para que a partir de ellas puedan expresar sus ideas respecto a cómo resolver esas preguntas y así aprender, comenta que: *“hasta ahora*

no le había dado importancia a la formulación de preguntas para que el alumno pueda expresar lo que piensa y pueda construir conocimiento ayudándose tanto de sus compañeros como de la constante guía del maestro. Añadir que en el periodo de prácticas es donde realmente me di cuenta de la importancia de esta formulación, ya que la tutora cuando los alumnos le preguntaban alguna duda, les respondía con la respuesta y sin explicación (entiéndase que se daba la respuesta correcta sin importar si el estudiante entendía o no la misma o el vocabulario), ellos memorizaban y luego olvidaban lo que les habían dicho”.

Ana también reflexiona sobre la indagación como modelo de aprendizaje y reconoce que antes no sabía que podría traer tantos beneficios para el estudiante y que pudieran llegar a comprender algunos conceptos científicos: *“ahora sé que dejar a los niños experimentar, pensar, hablar en clase, realizar hipótesis animándoles a que participen, etc. dan como resultado que el estudiante llegue a conocer (comprender) lo que queremos transmitir. Es decir, que ellos mismos puedan llegar a integrar los conocimientos”.*

Paula, por su parte, reflexiona sobre la importancia de nuevas metodologías alternativas a las “clases ordinarias” dado que permiten al docente “saber seleccionar la información desde un punto de vista crítico, es decir implicándose de forma activa en su labor...no sabía todo el trabajo que hay detrás de una clase, la documentación previa, perfecto conocimiento del tema, actividades con sentido... seleccionar qué es importante a la hora de realizar una propuesta. Que menos, es más, es decir, merece la pena trabajar menos conceptos, pero profundizar en los que se trabajan”.

Como vemos, el modelo de acción en el que los estudiantes de magisterio han participado, si bien debe mejorar en los aspectos mencionados más arriba, ha permitido a los estudiantes ser más críticos frente a la planificación de aula y, queremos pensar, que más críticos frente al currículo establecido y el uso del libro de texto como omnipotentes e invariables. Así mismo, ha asentado en sus conocimientos la idea fundamental de: reflexionar en primera instancia qué se va enseñar; segundo, tener claridad y conocer a conciencia el contenido a enseñar, lo que implica partir de las posibles ideas previas de los niños y niñas, pero también de las suyas propias y, finalmente secuenciar una serie de actividades basadas en unos objetivos establecidos.

- Si bien reconocemos que las secuencias planificadas e implementadas distan de estar totalmente basadas en el modelo de indagación, dado que, por una parte, no son los niños los que plantean los posibles problemas a abordar y los diseños experimentales, sí que es una primera aproximación e inmersión en donde se trabaja en torno a pequeñas cuestiones que los niños(as) intentan resolver con ayuda de las actividades

prácticas y el trabajo en pequeños equipos para abordar unos contenidos científicos donde el maestro es el guía.

Pero sobre todo, lo que nos parece lo más importante, es una primera aproximación a una propuesta de lo que debería trabajarse en las aulas de magisterio y lo fundamental que es introducir en estas, un modelo de formación que permita a los maestros en formación trabajar con sus propias ideas respecto a lo que creen que es la ciencia y cómo enseñarla y también, la necesidad de no solamente teorizar sobre los elementos importantes que implica la actividad científica y que deberían ser trasladados a las aulas para que las niñas y niños adquieran competencias en Ciencias, sino permitirles vivenciar de forma práctica cómo han de ser usados dichos elementos al momento de abordar un problema.

- Indiscutiblemente, mantenemos que tampoco tiene mucho sentido trabajar en torno a problemas generales, sino centrar la atención en los propios contenidos que el maestro debe enseñar, lo que le permite vivir la experiencia de cómo resolver un problema que tiene como objetivo el aprendizaje de un contenido científico específico y así reconocer cuáles son esos elementos de la metodología científica que son deseable desarrollar en los niños y niñas, de ahí que la indagación como modelo de aprendizaje se presente, ya desde hace varias décadas, como una alternativa coherente para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos, como bien se ha demostrado en estudios diferentes (Furió y Guisasola, 2001; Martínez-Torregrosa et al., 2002, 2012; Metz, 2004, 2008, 2011; Abl-El-Khalick et al., 2004; Furió et al., 2005; Osuna et al., 2007; de Pro, 2008, 2011) y que es fundamental, sino indispensable, promover en las aulas de magisterio (Forbes, 2009, 2013; Martínez-Chico et al., 2014a, 2014b; 2015).
- Finalmente decir que, pese a que las secuencias no están perfectamente enmarcadas dentro de la indagación como modelo de aprendizaje, ha de tenerse en cuenta que, como mencionan Furió y Furió-Gómez (2009) el mero hecho de secuenciar adecuadamente la enseñanza, ya constituye en sí mismo una competencia que ha de adquirir un profesor(a) si desea enseñar bien, ya que implica diseñar su enseñanza imaginando lo que puede suceder en el proceso de aprendizaje de sus alumnos(as), elaborar materiales didácticos que faciliten el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje que se ha pensado y que, a su vez, permita evaluar lo que el profesor(a) tenía pensado de acuerdo a los objetivos planteados (sean contenidos, procedimientos, habilidades más complejas como capacidad de argumentación, síntesis, etc.). Con lo que, como primer paso para favorecer el desarrollo de su competencia docente en enseñanza de las ciencias, los logros alcanzados por los equipos no son pocos.

6.2.2.2 Sobre el análisis crítico y percepción favorable o desfavorable del programa de formación utilizado en la facultad:

Papel de la estructura general y organización del modelo de acción o programa de formación

- Como se explicó en el marco teórico y se puede recordar en el resumen del cuadro 4 (página 152) el programa de formación se basó en trabajar en torno a cuatro dimensiones que nos podrían permitir dar un primer paso en el fortalecimiento de la competencia docente en enseñanza de las ciencias favoreciendo el conocimiento didáctico del contenido a enseñar. El primer pilar que se consideró necesario para abordar estas cuatro dimensiones fue partir siempre de las ideas previas⁷⁴ de los maestros(as) en formación respecto a cada una de estas dimensiones y posteriormente, después del análisis de dichas ideas previas se realizaron los diferentes seminarios, actividades y tutorías.

Así pues, la estructura del programa propuesto, pese a tener unos momentos concretos preestablecidos para dirigir adecuadamente el trabajo de aula, es una estructura flexible y necesariamente versátil, siempre en pro de que los estudiantes analicen sus propias ideas, creencias y conocimientos y puedan reconducirlos, en caso de ser necesario.

- El segundo de los pilares fundamentales de la formación docente se constituyó en un aprendizaje situado/contextualizado, dado que es la forma en que se puede dotar de significado lo aprendido (Ausubel et al, 1976; Moreira, 2012), para que, posteriormente, estos conocimientos se logren integrar y utilizar en su quehacer profesional. Por ello, tal y como se ha defendido a lo largo de esta memoria, el conocimiento de los futuros maestros(as) no ha de limitarse sólo a conocer las ideas previas que se tienen con respecto a un tema sino también hace referencia a conocer su entorno, sus preocupaciones, intereses y curiosidad, y utilizar todo ello como herramientas para facilitar el aprendizaje.

Estos aspectos se tenían en cuenta durante las tutorías (en el siguiente apartado se detallará al respecto) y los mismos seminarios, dado que en ocasiones por situaciones personales o laborales los estudiantes no podían asistir a una o varias actividades y de ahí la importancia de una estructura curricular flexible. Por otra parte, respecto a cómo los futuros maestros, a su vez, se inclinan o no por promover un aprendizaje contextualizado en sus secuencias de enseñanza elaboradas, hemos de decir que, si bien las dos

⁷⁴ No se profundizará en este apartado sobre los resultados obtenidos respecto a las ideas previas de los futuros maestros(as), ya que esto se ha desarrollado y sintetizado en los apartados anteriores de estas conclusiones. En lo que se pondrá el acento es en la estructura general del programa y las contribuciones y/o dificultades que se lograron evidenciar a partir del análisis de los datos.

secuencias realizadas por los equipos no parten de situaciones problemáticas reales y/o del entorno próximo inmediato de los niños y niñas a los que se implementó la secuencia, sí que tienen en cuenta el hecho de partir de situaciones de interés, atractivas y que despiertan la curiosidad de los niños(as) de las edades para las que fueron diseñadas las secuencias.

El equipo 1, que trabajó con niños de tercero de primaria, recreó un entorno de cuento en el que se intenta resolver un problema respecto al sonido y son los niños(as) los que les ayudan a resolver dicho problema a los personajes del cuento; durante la implementación de esta secuencia, como se mencionó en el apartado 4.3, el nivel de recepción de la trama e implicación de todos los niños(as) fue alta.

El equipo 2, que trabajó con niños de sexto de primaria, partió de una situación cotidiana de un niño y su mascota (representados con personajes de teatrillo) para trabajar los conceptos de calor y temperatura, igual que pasa con el equipo 1, el nivel de recepción de la trama e implicación de todos los niños(as), también contó con una excelente aceptación. Si bien los niveles de aceptación son máximos para estos dos equipos, sobre todo debido a la novedad de la situación y la ruptura con respecto a las clases tipo que tenían, en el futuro es relevante enfatizar que no es necesario partir de situaciones fantásticas y ha de trabajarse más en torno a cómo replantear los contenidos típicos para trabajarlos como problemas.

Finalmente, como ejemplo, María en su cuestionario final expresa que en las secuencias diseñadas es importante hacer una *“adecuación de las actividades para todo tipo de alumnado, tanto para los modelos de alumnos tipo (entendemos hace referencia a alumnado de características comunes generalizado) como para los que, según informes psicopedagógicos requieren necesidades educativas especiales”*. Lo que muestra la relevancia de discutir con los futuros maestros aspectos generales del contexto de los futuros alumnos y posibles casos de atención a la diversidad, dado que todo esto influye en la planificación de las UD y cómo los docentes pueden actuar a tiempo para que en un futuro no se vean frustrados o no sepan actuar ante casos particulares que puedan tener en las actividades de aula.

- Según los resultados aportados del cuestionario final C-6, los estudiantes que participaron en los dos equipos valoran positivamente el trabajo realizado en la asignatura, dado que en sus reflexiones finales argumentan significativamente sobre los conocimientos adquiridos, los logros alcanzados y la comparativa con respecto a antes de iniciada la asignatura. El aspecto que más se resalta en ambos equipos al finalizar el curso es el alusivo a entender el aula como un espacio diferente donde los

niños(as) sí pueden debatir, indagar, participar activamente, experimentar y que ello influye positivamente en el comportamiento de los estudiantes y su predisposición para aprender.

Almudena y Esther mencionan, además, que antes no le habían dado importancia a la formulación de preguntas como una forma de permitir que los estudiantes expresen lo que piensan y puedan construir conocimiento ayudándose tanto del maestro(a) como de los compañeros. Vemos que esta es una de las ideas más importantes de la indagación como modelo de aprendizaje, pero sólo dos de las estudiantes la argumentan explícitamente en sus reflexiones finales. Con lo que, y en directa correlación con las conclusiones presentadas en 6.2, el modelo de formación necesita reestructurar y dar más notabilidad al trabajo de aula respecto a la dimensión 3 (conocimiento de metodologías innovadoras de enseñanza de las ciencias como lo es la indagación y trabajada en la fase 2), específicamente lo concerniente al planteamiento de situaciones problemáticas y debate respecto al por qué plantearlas y utilizarlas como punto de partida.

Otro de los aspectos que mencionan los estudiantes como importante y que antes desconocían, es la importancia de saber planificar una secuencia de aprendizaje, aspecto que reconocen no sabían que implicara tanto trabajo, dado que debe comprenderse muy bien el contenido a enseñar, debe basarse en las posibles ideas previas del contenido científico (como menciona Paula *“estas ideas son importantes para trabajar cualquier tema, incluso las nuestras como maestros, porque tenemos bastantes”*), hay que aprender a seleccionar la información que es importante de la que no, estructurar y guiar adecuadamente todo el proceso.

- Se hace necesario mejorar las cuestiones tratadas respecto a la evaluación (tipos, instrumentos, etc.). Si bien los estudiantes de magisterio en el tercer curso no han trabajado en profundidad sobre la misma (porque forma parte de las asignaturas de cuarto curso), es un tema importante del que solo se tocaron características generales en un par de seminarios y se hace necesario trabajarla, en paralelo con las actividades propuestas, sobre todo lo referente a instrumentos de evaluación y su relación con el tipo de actividades propuestas en el aula.

Papel del trabajo en equipos colaborativos

- En concordancia con el anterior apartado, el tercer de los pilares se basó en el trabajo y colaboración entre iguales. Autores como Lieberman y Pointer (2008) exponen que el aprendizaje del profesorado no solo es individual sino fundamentalmente social y a

través de la experiencia y la práctica y, por tanto, debería formarse al docente en este sentido. También autores como Brown et al. (1989), Gunstone y Northfield (1994) y Furió y Carnicer (2002a) explican que el aprendizaje situado requiere necesariamente de la cooperación entre iguales y el trabajo en equipo para alcanzar un objetivo común.

En este sentido, se ha apreciado que la realización del trabajo por equipos, ha favorecido la búsqueda compartida de soluciones y alternativas para alcanzar el objetivo del equipo (diseñar una secuencia de aprendizaje basada en la indagación como modelo de aprendizaje para los niños y niñas). Y aunque el planteamiento inicial del trabajo del cuatrimestre no lo decidieron ellos (porque desde el principio se les retó a diseñar una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en el modelo de indagación), sí que tomaron decisiones respecto al contenido a enseñar, cómo enseñarlo, la estructura de su secuencia, a qué alumnos, etc. Con lo que en el trabajar en equipo se favoreció una labor autopropulsada que condujese a resultados propios (LaCueva, 2001; Majó, 2010) y que al finalizar del curso los mismos equipos podían co y autoevaluar.

- Este trabajo ha permitido que entre compañeros/as se apoyen, cooperen, compartan dudas, conocimientos y temores y se acepten como interlocutores críticos que pueden llegar a evaluar, co-evaluar y reestructurar sus saberes. A modo de ejemplos, en las reflexiones finales de Esther, habla de que el primer reto fue “saber hacer grupo, saber trabajar juntas, que cada una pueda ponerse en la piel de la otra para al final llegar a las mismas conclusiones (más que conclusiones como tal, entendemos que hace referencia a la toma de decisiones, los acuerdos a los que tuvieron que llegar) ...nadie debe quedarse atrás, algo muy importante en un grupo”.

Clara por su parte indica: “la preparación previa por medio de esta metodología no es fácil, es un trabajo duro, pero con constancia y trabajo en equipo lo logramos, si no hubiésemos trabajado en grupo no creo que lo hubiésemos logrado”. Lucía en su reflexión final plantea respecto al trabajo en equipo: “...fue muy importante el ir comprobando que poco a poco íbamos labrando nuestro camino, me ha dado fuerzas y motivación para llegar hasta el final...realizar la propuesta sola, sin mis compañeras, también me provoca cierta inseguridad (matiza esta última parte respecto al futuro, cuando en el aula tenga que trabajar sola)”. Almudena señala que “...al principio fue difícil cambiar mis ideas alternativas y acomodar las nuevas. Pero gracias a la puesta en común de las integrantes del grupo y las tutorías proporcionadas por las tutoras, me ayudaron a comprenderlos mejor.”

- Vemos pues como las ideas respecto a la importancia del trabajo en equipo, van desde aprender a hacer equipo para conseguir un objetivo común a aprender a valorar las

aportaciones de los demás miembros del equipo y como también señalan Sanmartí y Tarín (2008), este tipo de trabajos en equipo, tiene sentido si favorece la construcción de un conocimiento que promueva no sólo la comprensión de un tema sino la capacidad para actuar en el contexto próximo, lo que se evidencia gracias a que dichas secuencias didácticas se planificaron, diseñaron y evaluaron para clases de ciencias de Educación Primaria, algunas incluso se implementaron en CEIPs de la Comunidad con resultados positivos que mencionaremos más adelante.

Finalmente, es importante resaltar que el trabajo en equipo constante permitió vivenciar y fomentar de una forma más enriquecedora la innovación en el aula. Como se menciona en Furió y Carnicer (2002a): *“los profesores (en formación inicial o continuada) han de participar en la construcción de la “ciencia de enseñar ciencia” como investigadores noveles en educación y, con su epistemología personal, han de apropiarse de manera significativa del conocimiento didáctico existente, para lograrlo, han de implicarse en la reconstrucción de este conocimiento”*, para que esto fuese posible, se consideró pertinente la formación de equipos, tal y como ocurre en investigaciones de todo tipo en distintas áreas del conocimiento.

Papel de la tutorización por parte de las profesoras tutoras

- El último de los pilares que también se consideró de gran relevancia fueron las tutorías, en las que el profesor universitario, en nuestro caso, la profesora de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales (quien participó en la investigación) y la investigadora, brindaban apoyo a cada equipo de estudiantes para clarificar tanto los contenidos científicos como aspectos concernientes a visiones distorsionadas de la ciencia y su enseñanza-aprendizaje. Como se pudo ver en los resultados y conclusiones presentadas respecto a H1, casi todos los miembros de los equipos presentaban inicialmente ideas erróneas sobre el sonido, la temperatura y el calor, así que las tutorías permitieron a los equipos discutir respecto a las ideas previas de dichos contenidos científicos, no sólo las que usualmente tienen los niños sino las que tenían los mismos estudiantes de magisterio.

Por ejemplo, Lucia en sus reflexiones finales señaló que antes no sabía “muchos conceptos y nociones sobre el sonido y su transmisión”, Ana señaló que no sabía “que el sonido se propagaba más rápido por el sólido que por el aire”, Paula reflexionó en torno a la importancia de las ideas previas “para trabajar cualquier tema, incluso nuestras propias ideas previas como maestros, porque tenemos bastantes” y María en sus reflexiones finales también resaltó que “...se realizó un exhaustivo análisis para la comprensión de los conceptos...así como las concepciones erróneas adquiridas de la

vida cotidiana y por las explicaciones confusas que habíamos recibido previamente (tanto en la secundaria como bachillerato)”.

Así mismo, se discutió y profundizó respecto a las visiones deformadas de la actividad científica que los propios miembros de cada equipo tenían y la influencia de las mismas en su visión de la enseñanza; a modo de ejemplo (se mostraran las conclusiones específicas respecto a esta cuestión más adelante) Lucía, por ejemplo, reflexionó sobre la visión rígida de la actividad científica que tenía, dado que pensaba que el método científico tenía unas fases exactas (lo que ella llamó *patrones para rechazar o validar las hipótesis*), también señaló, que *“antes creía que los problemas científicos no hacía falta simplificarlos para poderlos estudiar”*, es decir, no tenía clara la relevancia del acotamiento de un problema y del posible control de variables que implica la resolución del mismo.

Otro ejemplo se aprecia en las reflexiones de Clara, cuando analizó sus propias visiones deformadas de la actividad científica y reconoce que tiene una visión acumulativa, rígida y descontextualizada de la ciencia respecto a lo social ya que *“creía que todo conocimiento científico se acumulaba al ya conocido y que no creía que en la ciencia tuviera cabida la imaginación, la invención y la creatividad”*. O Almudena cuando planteó que tenía una visión empiro-inductivista y descontextualizada *“porque pensaba que la observación era un elemento central del supuesto método científico...pensaba que la ciencia no tenía nada que ver con creencias, con intereses económicos y políticos, me imaginaba que era muy objetiva”*.

- Por otra parte, los momentos de tutorización también se configuraron en espacios donde se discute de forma crítica sobre las actividades de aprendizaje planteadas, la pertinencia de las mismas de acuerdo al problema o situación a resolver y los objetivos de aprendizaje establecidos según los contenidos a enseñar. Recordamos que, como se vio en los capítulos 4 y 5 y se concluyó al respecto en la segunda parte de estas conclusiones, inicialmente las creencias de los estudiantes sobre cómo enseñar van desde el idealismo (donde se cree que con una sola clase y un par de actividades los niños(as) comprenden el contenido) al activismo ingenuo (donde se plantea unas actividades experimentales inconexas entre sí o con los objetivos de aprendizaje y se espera que los niños(as) comprendan el contenido), pues bien, fue en las tutorías donde se permitió la desmitificación del uso de experimentos llamativos sin correlación alguna con los objetivos de aprendizaje y el contenido a enseñar.

A modo de ejemplo general, Esther menciona en su reflexión final como con la ayuda de las tutorías se lograron resolver dudas, debatir y entender mejor qué actividades elegir *“para llegar a que el alumno entendiera conceptos abstractos, surgían muchas preguntas,*

ideas alternativas y pre-adquiridas que tenían los alumnos (anteriormente, también en muchos casos, nosotras) y por más que pensábamos no salían (las ideas para posibles actividades)...pero con ayuda de las tutorías, esfuerzo y colaboración de todos ha sido posible”.

- Todas estas reflexiones y trabajo tanto individual como en equipo se vio favorecido por la constante retroalimentación que se realizó durante las tutorías. Ana incluso reflexiona explícitamente al respecto afirmando: “Otra gran ayuda fue el apoyo de las tutoras porque aclarábamos y avanzábamos en el trabajo”. Las tutorías pues, se convirtieron en espacios cruciales e imprescindibles para el trabajo realizado por parte de los estudiantes de magisterio, por todos los aspectos que se trataban en las mismas y que permitían a los equipos tanto valorar sus ideas, como lo que llevaban realizado hasta el momento y aclarar y compartir sus dudas, temores y avances.

Con lo que, al ser un gran esfuerzo en tiempo extra de clase, tanto para los tutores como por para cada uno de los miembros de los equipos, dichas tutorías o más bien, espacios de reflexión, deberían tenerse en cuenta como parte de la carga docente y ampliar las horas de las mismas, dado que son los espacios reales de retroalimentación que el estudiante puede aprovechar para realizar una reflexión crítica tanto de sus conocimientos como de sus creencias.

6.2.2.3 Sobre los resultados obtenidos a partir de la implementación (en los colegios) de las secuencias de aprendizaje diseñadas por los estudiantes de magisterio:

Como se mencionó de forma general en la introducción de este apartado 6.3, otra de las intenciones principales de la investigación era valorar si realmente los maestros(as) en formación lograron iniciarse en el modelo de indagación de forma práctica: a) evitando dar explicaciones anticipadamente a los alumnos y, más bien, permitiendo, por medio de cuestiones, generar discusiones que guíen el desarrollo de las actividades; b) siendo asertivos a la hora de mediar en las discusiones de los niños y niñas en las actividades y, por tanto, permitiendo su participación activa para generar preguntas, hipótesis, sintetizar, discutir dudas, experimentar para poner a prueba sus ideas, concluir a partir de la evidencia, sintetizar etc.; c) valorar si intentan o no salir al paso de algunas visiones deformadas de la ciencia y, d) analizar sus ideas respecto a los contenidos científicos trabajados.

Es decir, valorar si en su conjunto se ve favorecida su competencia docente en el tema de sonido y su propagación para el equipo 1 y, de calor y temperatura para el equipo 2. Por ello se realizó, no sólo la valoración de la secuencia de enseñanza-aprendizaje como

tal, sino la implementación de la misma y actuación del futuro maestro, dicha valoración se realizó por medio de la rejilla de observación que denominamos C-4, así pues, las conclusiones son las siguientes:

Respecto al Equipo 1

- En Lucía se evidencia que tiene en cuenta las ideas previas de los niños y niñas mientras se iban trabajando las actividades y guiaba las mismas de manera que su participación fuera activa, es decir, permitía que comentaran sus ideas al intentar resolver alguna cuestión de una actividad, también sus dudas, además los niños eran quienes realizaban los experimentos con los materiales y en caso de estar perdidos ella intervenía para guiarles.

Sin embargo, se percibe una preocupación excesiva por lograr realizar todas las actividades, con lo cual, la discusión entre los pequeños equipos para que entre ellos conversaran sobre sus ideas, o concluyeran, es casi inexistente, en conclusión, un tiempo de espera (*wait time*) insuficiente para la discusión en los grupos. Sí que es importante destacar que Lucía al final de la realización de la secuencia, se toma su tiempo para desarrollar una recapitulación de todo el trabajo realizado y hace partícipe a las niñas y niños permitiendo que fuesen ellos mismos quienes aportaran las posibles ideas aprendidas con las actividades.

- En Ana se observa que parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas de manera mucho más activa y espontánea, permitió que los niños y niñas participasen mucho más en cada actividad, con lo que su grupo, con diferencia es el que más aporta ideas a nivel general. La estudiante utilizaba recursos espontáneos que pese a ser improvisados daban buenos resultados porque los niños asumían mejor lo que estaban trabajando, ideó una canción para recordar a los niños conceptos relacionados con la ausencia de sonido en el vacío.

Aunque, igual que ocurre con Lucía, al existir la preocupación interna de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada en el día concreto que se realizó, la discusión entre miembros del equipo fue insuficiente. Sin embargo, Ana al final de cada bloque de actividades sí que se preocupaba mucho por recapitular y por permitir que alguno de los niños(as) de su equipo hiciera un resumen de lo aprendido para exponerlo a sus demás compañeros, de modo que, en caso de dudas, se aclaraban en ese momento.

- En Paula se evidencia que parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y permite la participación activa de los miembros de su equipo. Aunque, igual que ocurre con sus compañeras, al existir la preocupación interna de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión por pequeños equipos durante las actividades no se generó. En Paula, esta preocupación además le lleva a que, en alguna actividad termine explicando el fenómeno trabajado y no retroalimente adecuadamente, con lo que algunos niños(as) con los que trabajaba, se perdían o no les quedaba claro del todo el contenido que se estaba trabajando.

Vemos como todas estas preocupaciones excesivas por controlar el tiempo y dar una serie de contenidos a como dé lugar, incluso sacrificando la comprensión del contenido en sí, es una idea bien arraigada incluso en maestros que apenas se están formando en la universidad. Cuestión bien importante a tener en cuenta para su formación.

- Para todo el equipo, se evidencia que durante las actividades algunos niños podrían haber interpretado que el sonido es una especie de sustancia *“que se mueve o viaja a través de los tres medios trabajados (sólido, líquido y gas)”* dado que la idea del mismo, como una vibración producida por las partículas que conforman los materiales, sólo se trabajó inicialmente en la primera actividad y ninguna de las maestras en formación la volvió a retomar durante las siguientes actividades. Ello producido en parte por el temor mismo a hablar del concepto de “partículas” con niños de estas edades y que esto les generase confusión, con lo que se cambia por la idea de “componentes de la materia”.

Está claro que los niños de estas edades (8-9 años) no lleguen a asimilar que dicha vibración es a nivel atómico-molecular, lo que es de esperar, dado que, por una parte, en tercero de primaria el contenido curricular toca los aspectos macroscópicos de los materiales al final del curso: propiedades y estados, fuentes de energía, usos de la energía y, no se trabajan aspectos microscópicos. Por otra parte, aunque en la actualidad los niños y niñas son conscientes de la existencia de las partículas porque lo oyen en diferentes sitios, juegos, medios, etc. cuesta establecer una relación clara con los contenidos científicos vistos y sobre todo expresarlo de manera escrita y oral, por ello, notábamos que las niñas y niños en particular hacían referencia a “los componentes” e interpretamos ello como su idea de partículas que componen la materia.

- Igualmente sucede con el hecho de sólo haber trabajado con aire, para representar los gases y, agua para representar los líquidos, al no haber trabajado con otros gases y líquidos, la mayoría de niñas y niños se han quedado con la idea de que el sonido se propaga a través del aire y el agua únicamente, solo 2 o 3 niños han logrado hacer la extrapolación a los gases y líquidos en general. Ha de revisarse también para esta

secuencia diseñada e implementada la necesidad de incorporar el oído humano como receptor de sonidos y sus características para que ello sea posible, dado que es un aspecto substancial relacionado con el conocimiento de nuestros cuerpos, su funcionamiento y cuidado.

Respecto al Equipo 2

- En Esther y Almudena (se comenta sobre las dos porque presentan exactamente las mismas características), se evidencia que, en efecto, tienen en cuenta las ideas previas de los niños y niñas mientras se iban trabajando las actividades y guiaban las mismas de manera que la participación de las niñas y niños fuera activa, permitían que comentarán algunas ideas al intentar resolver alguna cuestión de una actividad, sus dudas, los niños eran quienes realizaban los experimentos con los materiales y en caso de estar perdidos ellas intervenía para guiar. Sin embargo, igual que como se mencionó en el equipo 1, se percibe una preocupación excesiva por lograr realizar todas las actividades en un tiempo estipulado.

Con lo cual, la discusión entre los pequeños equipos para llegar a una síntesis conjunta, si bien no es inexistente, sí que es poca y, ello también llevó a que para alguna actividad concreta terminaran dando la explicación anticipada del concepto que se trabajaba. Sí que es importante destacar que al final de la realización de la secuencia, Esther y María hacen una recapitulación de todo el trabajo realizado y hacen partícipe a algunas niñas y niños permitiendo que fuesen ellos mismos quienes expresaran lo aprendido con las actividades.

- En María, también se evidencia que, parte de las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas con preguntas de manera que la participación de los alumnos fuese más activa que en el caso de Esther, permitiendo que expresaran sus ideas y dudas con más margen de tiempo. María no intenta dar explicaciones rápidas de los fenómenos que se están trabajando, de hecho, ha sido la que más ejemplos o situaciones intenta crear para que los niños y niñas puedan a partir de ello expresar sus ideas. Aunque, igual que ocurre con Esther, y el equipo 1, al existir la preocupación constante de querer trabajar todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión de las actividades en los pequeños equipos fue insuficiente, si bien aumentó la participación individual.
- Clara también tiene en cuenta las ideas previas de las niñas y niños durante las actividades y guía las mismas de manera que la participación de los alumnos fuese activa. Con Clara en particular, fue una de las maestras que más permitió la interacción

de los niños(as) con los simuladores de acuerdo a las ideas que planteaban, a sus hipótesis y sus dudas, con lo que las intervenciones de los estudiantes se hicieron más enriquecedora en su equipo y los niños(as) planteaban igualmente ideas más interesantes. Aunque, igual que ocurrió con sus compañeras, al existir la preocupación interna de querer terminar con todas las actividades de la secuencia diseñada, la discusión entre el equipo para poder llegar a una síntesis común en cada actividad no se generó, su participación individual sí es muy alta.

- Para todo el equipo, y al igual que ocurre con el equipo 1, no se realiza ni antes ni después, un análisis de las posibles concepciones erróneas de los contenidos científicos básicos que pudieron haberse transmitido con la secuencia propuesta. Para este equipo, se evidencia que durante las actividades algunos niños(as) podrían haber interpretado que las partículas son esferas compactas de colores, dado que en los simuladores utilizados se representan de dicha forma y, haría falta más discusión con los niños(as) al respecto para que no se queden con esa imagen que podría llevarlos a generar ideas previas equivocadas sobre los modelos atómicos. Igualmente sucede con el hecho de haber trabajado el concepto de temperatura en términos de *“movimiento de las partículas: rápido para temperaturas altas, lento para temperaturas bajas”* que, si bien es correcto, es necesario que los niños y niñas también lo relacionen con la energía alta o baja de las partículas que conforman un sistema material.

Respecto a los dos equipos

- Según los análisis de resultados del cuestionario C-5 y la grabación G-4 (detallados en los apartados 4.3 del capítulo 4 y 5.3 del capítulo 5), de la muestra de 23 niños y niñas de 6º de primaria (para la secuencia de calor y temperatura) y una muestra de 37 niños y niñas de 3º de primaria (para la secuencia de sonido y su propagación) y las cuestiones en las que se les anima a predecir lo que ocurrirá o, explicar lo que ocurre en las actividades prácticas, se lograron recoger por cada bloque de preguntas realizadas entre un 70 y 85% de inferencias tanto explicativas como predictivas y, tanto de tipo asociativo básico (que son más de sentido común y producto de la experiencia cotidiana) como de tipo explicativo “formal” (que ya incluyen términos científicos y asociaciones más complejas explicadas desde el punto de vista científico).

Y en todos los casos, las cuestiones planteadas siempre permitían evidenciar algunas de las ideas previas típicas mostradas en amplia bibliografía sobre los conceptos de calor y temperatura. Lo que nos deja ver que las actividades planteadas en la secuencia y la forma de llevarlas a cabo motivaban al alumnado a responder sin temor sobre sus posibles predicciones, explicaciones o ideas respecto a los fenómenos trabajados en las

actividades, unos pocos incluso se animan a comunicar y concluir ante toda la clase sus ideas explicativas del fenómeno, lo que concuerda con características deseables para el aprendizaje de las ciencias (Metz, 2004, 2008; Harlen y Qualter, 2009).

- Los niños y niñas no tenían miedo de expresar sus ideas y fue posible gracias a:

1) el *tipo de preguntas* que se realizaron durante las actividades, siempre redactadas y formuladas intentando no avasallar ni juzgar al alumnado, ni comprobar qué sabe o no, sino más bien pensadas para conocer lo que él/ella opina que puede ocurrir o puede explicar el fenómeno, es decir, preguntas estructuradas basándose en la persona (Osborne y Freyberg, 1991), de tipo: ¿Qué creéis que ocurrirá después? ... ¿cómo creéis que podemos comprobarlo? ... ¿qué creéis que está pasando con esas partículas de aire que hay allí atrapadas dentro?, etc. Como bien se menciona en autores como Sternberg y Spear-Swerlind (1999), Hofstein et al. (2005) y Márquez et al. (2004) realiza preguntas productivas en vez de preguntas reproductivas, favorece que el alumnado aprenda a elaborar este tipo de preguntas, pueda trabajar en torno a sus propias ideas y le sea más sencillo comprender un concepto.

2) el *tipo de actividades planteadas*, de carácter simple, variadas, con materiales en su mayoría caseros y seguros para los niños, simulaciones sencillas y fáciles de utilizar, que les permitió manipular con facilidad y ante alguna comprobación, poderla realizar cómodamente. Las actividades prácticas y simulaciones, pensadas y llevadas a cabo no para que fueran de tipo demostrativo (el maestro hace el experimento y los alumnos observan), sino más bien en todo momento interactivo y partiendo de preguntas, permitieron a los niños y niñas trabajar con interés y de forma menos rígida que en las clases tradicionales, lo que contribuyó a que su participación e interés en todo momento fueran elevadas.

3) *haber asumido el papel del maestro* más allá de la persona que explica en una pizarra un concepto, pone ejercicios hacer y espera que los niños y niñas repitan las definiciones de dichos conceptos. Como se ha mencionado en apartados y párrafos anteriores, somos conscientes de que las secuencias de aprendizaje diseñadas son una primera aproximación que necesita mejorar varios aspectos y que esto es solo un primer paso para favorecer con efectividad el desarrollo de la competencia docente en enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, también reconocemos que, si los conocimientos adquiridos durante la participación en el modelo de formación no hubiesen sido interiorizados en su mayoría por parte de los estudiantes universitarios, las implementaciones de las secuencias en los

colegios ni hubieran tenido el grado de interés y participación que tuvieron, ni se hubieran logrado recoger tan alto porcentaje de ideas de los niños y niñas, ni los mismos estudiantes universitarios hubieran podido repensar el papel docente gracias al análisis, coevaluación y autoevaluación constante de sus ideas sobre qué se enseña, a quién se enseña y cómo se enseña.

6.3 PERSPECTIVAS FUTURAS DEL TRABAJO

- Se necesitaría continuar con el modelo de acción no solo en el curso de didáctica del tercer curso de magisterio, sino también en el de didáctica del cuarto curso. Ello permitiría, por un lado, centrar la didáctica de tercer curso en las fases 1 y 2, de modo que se puede abordar con más rigor y más y mejores actividades todo lo relacionado con la dimensión 3 (metodologías innovadoras de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, en particular: indagación como modelo de aprendizaje) y así poder solventar los inconvenientes encontrados respecto a la dificultad para plantar situaciones problemáticas iniciales y profundizar en la realización de actividades que permitan a los niños y niñas cuestionar sus hipótesis y poder plantear pequeños diseños experimentales.

Por otra parte, en la didáctica de cuarto curso se podría trabajar adecuadamente y en profundidad la fase 3, en torno a la evaluación formativa y adecuados instrumentos de evaluación que se correlacionen coherentemente con las actividades de aprendizaje planteadas para una secuencia de aprendizaje. Como mencionamos en anteriores apartados es un tema que se queda visto de forma superficial y que debe relacionarse apropiadamente con el modelo de aprendizaje, dado que, como bien sabemos, no tiene sentido evaluar de forma tradicional y sumativa, cuando lo que se pretende es fomentar el desarrollo de competencias.

- Se contribuiría al diseño experimental de la investigación si se pudieran planificar las prácticas de los estudiantes de magisterio (que se han formado con este modelo de acción), para que pudiesen aplicar sus secuencias diseñadas basadas en la indagación como modelo de aprendizaje. Se contribuiría a enfocar aún más los estudiantes al quehacer docente desde perspectivas innovadoras.
- En el diseño experimental planteado es importante cambiar el cuestionario final C-6 por una entrevista con ítems más detallados a los que tengan que responder sin omisión, pues, pese a que el cuestionario se rellena de forma escrita en dos días diferentes y dejando libertad de tiempo (incluso podían responderlo en casa y traerlo a

la facultad otro día) para que no influyera el cansancio. Los estudiantes sí que terminan cansándose de escribir y optan por acortar respuestas y no escribir todo lo que piensan y, de forma verbal podrían aportar más datos relevantes.

- En el trascurso de esta investigación no solo se implementa el programa de formación a 7 estudiantes de la Facultad de Magisterio. Se ha implementado a 74 estudiantes en total, durante los cursos 2012-2013, 2013-2014, de donde se obtienen 14 secuencias de enseñanza diseñadas por los diferentes equipos. Sin embargo, dada la cantidad abundante de información recolectada, no se puede presentar el análisis exhaustivo de los catorce equipos y los 74 estudiantes.

Por tanto, todo el material (cuestionarios de ideas previas, cuestionarios de análisis metacognitivos, grabaciones de las tutorías, secuencias diseñadas, etc.) de los restantes 67 estudiantes que participaron en la investigación, podría también ser analizado posteriormente, y ser parte de una publicación, ampliando así los resultados sobre las ideas espontáneas de los estudiantes de magisterio, sobre qué se enseña en ciencias de educación primaria y cómo se enseña y sobre el programa de formación propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2013). *Project 2061: Science for All Americans*. Recuperado el 11 de 2016, de <http://www.project2061.org/esp/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107.
- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., . . . Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Abell, S. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. K. Abell y N. G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* (págs. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abell, S. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Abell, S. y Roth, M. (1992). Constraints to teaching Elementary Science: A case study of a science enthusiast student teacher. *Science Education*, 76(6), 581-595.
- Abell, S. y Smith, D. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16(4), 475-487.
- Abell, S., Lynn, B. y Anderson, M. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491-509.
- Abell, S., Smith, D. y Volkman, M. (2006). Inquiry in Science Teacher Education. En L. Flick y N. Lederman, *Scientific inquiry and nature of science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (págs. 173-200). Dordrecht: Springer.
- Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I). *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 6(1), 21-46.
- Acevedo, J. A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): Una perspectiva. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 6(2), 164-189.
- Acevedo, J. A., Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.

- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona , Departament de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals, Barcelona.
- Aguilera-Morales, D., Martín-Paez, T., Valdivia, V., Williams, L., Vílchez, J., y Perales, F. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-274. Recuperado el 2019, de: <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:af742299-bb50-4c35-b990-24af7fe010b1/10aguileraesp-ingl-pdf.pdf>
- Alsop, S. y Watts, M. (2003). Science education and affect. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1043-1047.
- Anderson, R. et al. (1982). *Science Meta-Analysis Project: Volumen II. Final Report*. Univeristy of Colorado, Laboratory for Research in Science and Mathematics Education. Boulder, Colorado: National Science Foundation . Recuperado el Noviembre de 2015, de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED223476.pdf>
- Anderson, T. y Shattuck, J. (2012). Desing-based-research. A decade of progress in education research. *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- Angulo, F. (2012). Evaluar Competencias de pensamiento científico en el aula. Directrices Metacognitivas. En M. Quintanilla, *Las Competencias de pensamiento científico desde las "voces" del aula* (págs. 125-140). Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.
- Apple, M. (1989). *Maestros y textos : una economía política de las relaciones de clase y de sexo en educación*. Barcelona: Paidós.
- Appleton, K. (1992). Discipline knowledge and confidence to teach science: self-perceptions of primary teacher education students. *Research in Science Education*, 22(1), 11-19.
- Appleton, K. (2002). Science Activities That Work: Perceptions of Primary School Teachers. *Research in Science Education*, 32(3), 393-410.
- Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of Science Teaching Practice. *Research in Science Education*, 33(1), 1-25.
- Appleton, K. (2008). Developing Science Pedagogical Content Knowledge Through Mentoring Elementary Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523-545.
- Appleton, K. (2013). Science Pedagogical Content Knowlaged and Elementary School Teachers. En K. Appleton, *Elementary science teacher education: International perspectives on contemporary issues and practice* (págs. 31-54). New York: Routledge.
- Appleton, K. y Kindt, I. (1999). Why teach primary science? Influences on beginning teachers' practices. *International Journal of Science Education*, 21(2), 155-168.

- Arons, A. (1999). Development of energy concepts in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 67(12), 1063-1967.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa : un punto de vista cognoscitivo*. Mexico D.F: Trillas.
- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Valencia: Universitat de València.
- Ball, D., Thames, M. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
- Banet H., E. (2010). Alimentación y procesos de nutrición en Educación Primaria. En MEC, *Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico: la comprensión del entorno próximo* (págs. 35-77). Madrid: Secretaría General Técnica.
- Banilower, E., Smith, S., Weiss, I. y Pasley, J. (2006). The status of K-12 Science Teaching in the United States: Results from a National Observation Survey. En D. Sunal, & E. Wright, *The Impact of the State and National Standards on K-12 Science Teaching* (págs. 83-122). Greenwich: Information Age Publishing.
- Barnett, J. y Hodson, D. Pedagogical context knowledge: Toward a Fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.
- Barrow, L. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.
- Barrow, L. (2000). Do Elementary Science Methods Textbooks Facilitate the Understanding of Magnet Concepts? *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 199-205.
- Bartolomé Pina, M. (1992). Investigación cualitativa en educación: ¿comprender o transformar. *Revista de Investigación Educativa*, 20, 7-36.
- Baxter, J. y Lederman, N. (1999). Assessment and measurement of Pedagogical Content Knowledge. En J. Gess-Newsome, & N. Lederman, *Examining Pedagogical Content Knowledge* (págs. 147-162). Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bell, B. y Pearson, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14(3), 349-361.
- Bell, R., Abd-El-Khalick, F., Lederman, N., McComas, W. y Matthews, M. (2001). The Nature of Science and Science Education: A Bibliography. *Science & Education*, 10(1), 187–204.
- Benarroch, A. (2004). El programa de conocimiento del medio natural, social y cultural ante el Espacio Europeo de Educación Superior. *Publicaciones*, 34, 123-146.
- Benarroch, A. (2010). El aire y el agua: ¿sustancias puras o mezclas? Una sesión de clases para futuros maestros fundamentada en la investigación didáctica. *Alambique*(63), 91-105.

- Betts, J., Zau, A. y Rice, L. (2003). *Determinants of Student Achievement: New Evidence from San Diego*. San Francisco: Public Policy Institute of California.
- Black, P. y Harrison, C. (2000). Formative assessment. En M. Monk, y J. Osborne, *Good Practice in Science Teaching: What research has to say* (págs. 25-40). Buckingham: Open University Press.
- Blanco, A. (2010). ¿Flota o se hunde? Una secuencia de enseñanza para trabajar la competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico. En MEC, *Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico: la comprensión del entorno próximo* (págs. 137-161). Madrid: Secretaría General Técnica. MEC.
- Bolívar-Botia, A. (1993). Conocimiento didáctico del contenido y formación del profesorado: El programa de L. Shulman. *Revista interuniversitaria de Formación del Profesorado*(16), 113-124.
- Bolívar-Botia, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2).
- Bolívar, A. (2008). El discurso de las competencias en España: educación básica y educación superior. *Revista de Docencia Universitaria*, 6(2), 1-23.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2010). Development of Pupils' Ideas about Seeing and Hearing. The path of light and sound. *Research in Science & Technological Education*, 9(2), 223-244.
- Brígido, M., & Borrachero, A. (2011). Relación entre el autoconcepto, autoeficacia y autorregulación en ciencias de futuros maestros de primaria. *International Journal of Developmental and Educational Psychology. INFAD*, 1(2), 107-113.
- Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A teacher study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- Brown, J., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Research*, 18(1), 32-42.
- Bugallo, Á., Rivadulla, J., & González, C. (2013). Las concepciones didácticas de los maestros en formación. Una actividad sobre la energía en educación primaria. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Girona: Revista Enseñanza de las Ciencias.
- Bybee, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.
- Bybee, R. (2006). Scientific inquiry and science teaching. En L. Flick, & N. Lederman, *Scientific inquiry and nature of science: implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (págs. 1-14). Dordrecht: Springer.

- Bybee, R. y DeBoer, G. (1994). Research on goals for the science curriculum. En D. Gabel, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (págs. 357-388). New York: Macmillan.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar Química a través de la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique*, 69, 21-34.
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique*, 70, 83-91.
- Caamaño, A. y Corominas, J. (2004). ¿Cómo abordar con los estudiantes los trabajos prácticos investigativos? *Alambique*, 39, 52-63.
- Cabero, J. (2010). Los retos de la integración de las TICs en los procesos educativos. Límites y posibilidades. *Perspectiva Educativa. Formación de profesores*, 49(1), 32-61.
- Cajas, F. (2001). Alfabetización Científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- Campanario, J. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.
- Campanario, J. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 351-364.
- Campanario, J. (2003). De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 161-172.
- Candela, M. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 14(55), 13-28.
- Candela, M. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. Ciudad de México: Paidós Educación.
- Cañal, P. (2009). La alfabetización científica en la infancia. En R. e. Abello, *Hacemos ciencia en la escuela. Experiencias y descubrimiento* (págs. 43-50). Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2012a). La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes. En E. Pedrinaci, A. Caamaño, P. Cañal, & A. de Pro, *11 ideas Clave: El Desarrollo de la Competencia Científica* (págs. 241-268). Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2012b). Saber ciencias no equivale a tener competencia profesional para enseñar ciencias. En E. Pedrinaci, *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica* (págs. 217-237). Barcelona: Graó.

- Cañas, A., Martín, M. J. y Niedo, J. (2007). *Competencias en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Alianza Editorial.
- Carey, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- Carretero, M. (1996). *Construir y enseñar las Ciencias Experimentales*. Buenos Aires: Aiqué.
- CE (Diciembre de 2001). *EUROBAROMETER 154 (EB 55.2): Europeans, Science and Technology*. Recuperado el 11 de 2014, de http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_154_en.pdf
- CE (Junio de 2005). *Special EUROBAROMETER 224: Europeans, Science & Technology*. Recuperado en: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf
- Cervantes, L., de la Torre, N., Verdejo, A., Trejo, L., Córdova, J, y Flores, F. (2001). El concepto de Calor en Termodinámica y su Enseñanza. *Memorias del XVI Congreso Nacional de Termodinámica* (págs. 558-565). Ciudad de México: UNAM. Recuperado en 2018, de: <https://es.scribd.com/document/7798866/Ensenanza-Calor-y-Temperatura>
- Chapin, S., O'Connor, C. y Canavan, N. (2009). *Classroom Discussions: Using Math Talk to Help Students Learn. Grades K-6*. Sausalito, CA: Math Solutions.
- Chevallard, Y. (1999). *La Transposición Didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Chinn, C. y Malhotra, B. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- Clough, E. y Driver, R. (1985). Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. *Physics Education*, 20(4), 176-182.
- Cobas Cobiella, M. (2016). *Aprendizaje cooperativo. Un recurso indispensable en la formación universitaria*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education (7th Edition)*. Londres: Routledge.
- Consejo de la Unión Europea (15 de noviembre de 2007). *Conclusiones del Consejo y de los Representantes de los Gobiernos de los Estados miembros, reunidos en el seno del Consejo, Conclusiones del Consejo y de los Representantes de los Gobiernos, sobre la mejora de la calidad de la educación del profesorado*. Recuperado el 11 de 2016, de [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A42007X1212\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A42007X1212(01))

- Consejo de la Unión Europea (20 de mayo de 2014). *Conclusiones del Consejo sobre formación eficaz de los docentes*. Recuperado el 11 de 2016, de [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52014XG0614\(05\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52014XG0614(05))
- COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) (2011). *Informe ENCIENDE (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España)*. Madrid: Rubes Editorial. Recuperado el 05 de 2016, de http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Couto, P., García-Barros, S. y Martínez-Losada, C. (2013). Cómo son las actividades de didáctica de las ciencias que proponemos a los futuros maestros de primaria. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (págs. 877-882). Girona: Revista Enseñanza de las Ciencias.
- Cresswell, J. (2008). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Darling-Hammond, L., Hammerness, K., Grossman, P., Rust, F. y Shulman, L. (2005a). The design of teacher education programs. What teachers should learn and be able to do. En L. Darling-Hammond, & J. Bransford, *Preparing Teachers for a Changing World* (págs. 390-441). San Francisco: Jossey-Bass.
- Darling-Hammond, L., Holtzman, D., Gatlin, S. J. y Vasquez-Heilig, J. (2005b). Does Teacher Preparation Matter? Evidence about Teacher Certification, Teach for America, and Teacher Effectiveness. *Education Policy Analysis Archives*, 13(42), 1-48.
- de Jong, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 305-314.
- de Jong, O. (2009). Exploring and changing teachers' pedagogical content knowledge: An overview. En O. de Jong y L. Halim, *Teachers' Professional Knowledge in Science And Mathematics Education: Views from Malaysia and abroad* (págs. 1-33). Bangi: Faculty of Education. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- de las Heras, M. A. y Jiménez P., R. (2011). La enseñanza del ser vivo en primaria a través de una secuencia de estrategias de indagación. *Alambique*, 67, 71-78.
- de Pro, A. (2008). Jugando con los circuitos y la corriente eléctrica. En MEC-ISFP, *El desarrollo del pensamiento científico-técnico en Educación Primaria* (págs. 43-82). Madrid: Secretaría General Técnica.
- de Pro, A. (2009a). ¿Qué investigamos sobre didáctica de las ciencias experimentales en nuestro contexto educativo? *Investigación en la Escuela*, 69, 45-60.
- de pro, A. (2009). Actividades de laboratorio en el aprendizaje de la física: ¿un capricho o una necesidad? En R. Abello, Alcázar, Victoria, P. Cañal, J. Coromines, & M.

- Izquierdo, *Hacemos ciencia en la escuela. Experiencias y descubrimientos* (págs. 13-24). Barcelona: GRAÓ.
- de Pro, A. (2011). Aprender y enseñar con experiencias... y ahora para desarrollar competencias. *Investigación en la Escuela*, 74, 5-21.
- de Pro, A. y Millares, P. (2009). El currículum del Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en la Educación Primaria. *Educatio Siglo XXI*, 27(1), 59-96.
- de Pro, A. y Rodríguez, J. (2010). Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 385-404.
- de Pro, A. y Rodríguez, J. (2014). Ahorrando energía en Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 151-170.
- Decreto 111/2007, de 20 de julio, del Consell, por el que se establece el currículum de la Educación Primaria en la Comunitat Valenciana. Recuperado el 10 de 2014, de : http://www.docv.gva.es/datos/2007/07/24/pdf/2007_9730.pdf
- del Carmen, L. M. (2010). El estudio de los ecosistemas. *Alambique*(66), 28-35.
- Delors, J. (1998). *Informa a la UNESCO. La Educación encierra un Tesoro*. Madrid: Santillana.
- Dewey, J. (1910). Science as subject matter and as method. *Science*, 31, 121-127.
- Dewey, J. (1916). Method in Science Teaching. *General Science Quarterly (currently known as: Science Education)*, 1(1), 3-9.
- Dillon, J. (1990). *The Practice of Questioning*. New York: Routledge.
- Dimopolous, K. y Koulaidis, V. (2003). Science and Technology Education for Citizenship: The Potential Role of the Press. *Science Education*, 87(2), 241–256.
- Dómenech, J., Gil-Pérez, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., . . . Valdés, P. (2003). La enseñanza de la Energía: Una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(3), 285-311.
- Domingo, M. y Marquès, P. (2011). Aulas 2.0 y uso de TIC en la práctica docente. *Revista Científica de Educomunicación*, 19(37), 169-175.
- Domínguez-Castiñeiras, J., de Pro-Bueno, A. y García-Rodela, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: Un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461-475.
- Dorph, R., Shields, P., Tiffany-Morales, J., Hartry, A. y McCaffrey, T. (2011). *High Hopes-Few Opportunities: The Status of Elementary Science Education in California*. Recuperado el 01 de 2015, de <http://www.wested.org/resources/http://www.wested.org/resources/high-hopes-few-opportunities-summary-report-recommendations-the-status-of-elementary-science-education-in-california/>

- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la Adolescencia*. Madrid: Morata : Ministerio de Educación Cultura y Deporte.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *European Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Duschl, R., Schweingruber, H. y Shouse, A. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, D.C: National Academies Press. Recuperado el Noviembre de 2015, de <http://www.challengerlearningcenter.com/clc/teachers/TakingScienceToSchool.pdf>
- Elliott, J. (1993a). El cambio educativo desde la investigación-acción. Madrid: Morata.
- Elliott, J. (1993b): Three Perspectives on Coherence and Continuity in Teacher Education. En J. Elliott: *Reconstructing teacher education. teacher development* (págs. 15-20). Londres: Falmer Press.
- Erickson, G. y Tiberghien, A. (1989). Calor y Temperatura. En R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (págs. 89-136). Madrid: Morata. Ministerio de Educación.
- Eshach, H. y Schwartz, J. (2006). Sound Stuff? Naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28(7), 733-764.
- EURYDICE-EC. (1994). *La lucha contra el fracaso escolar: Un desafío para la construcción Europea*. Bruselas: Oficinas de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- EURYDICE-EC. (2011). *La Enseñanza de las Ciencias en Europa: Políticas, prácticas e investigación*. Bruselas: Agencia Ejecutiva en el ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural. Recuperado el Octubre de 2015, de https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/mwikis/eurydice/index.php/Publications:Science_Education_in_Europe:_National_Policies,_Practices_and_Research
- EURYDICE-EC. (2012). *El desarrollo de las competencias clave en el contexto escolar en Europa: desafíos y oportunidades para la política en la materia*. Recuperado el Febrero de 2016, de <http://eacea.ec.europa.eu/>: http://eacea.ec.europa.eu/Education/eurydice/documents/thematic_reports/145ES.pdf
- Fenstermacher, G. (1986). Philosophy of research on teaching: Three aspects. En M. C. Wittrock (ed.), *Handbook of Research on Teaching. Thrid edition*. NuevaYork: Macmillan, 37-49. En Castellano: Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza. En M.C. Wittrock. *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. (págs. 150-179). Barcelona: Paidós-MEC.

- Fernández-Manzanal, R. y Rodríguez, L. (2006). Los pequeños de cuatro años en el rincón de ciencias. Qué ven y qué dicen sobre el nacimiento de las plantas. *Alambique*(49), 105-113.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, I., Gil, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En D. Gil, B. Macedo, J. Martínez-Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés y A. Vilches, *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. (págs. 29-62). Santiago: OREALC/UNESCO.
- Feu i Vidal, T. y Schaaff, O. (2006). El trabajo experimental en Educación Infantil. *Apuntes pedagógicos*, 6-7.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En L. B., Resnick. *The nature of intelligence* (págs 231-235). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Forbes, C. (2009). *Preservice Elementary Teacher's development of pedagogical design capacity for Inquiry -an activity- theoretical perspective*. Recuperado el Octubre de 2015, de <http://deepblue.lib.umich.edu/>: <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/63882>
- Forbes, C. (2013). Curriculum-dependent and curriculum-independent factors in preservice elementary teachers' adaptation of science curriculum materials for inquiry-based science. *Journal of Science Teacher Education*, 24(1), 179-197.
- Forbes, C. y Biggers, M. (2012). Balancing Teacher and Student Roles in Elementary Classrooms: Preservice elementary teachers' learning about the inquiry continuum. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2205–2229.
- Forbes, C., Sabel, J. y Zangori, L. (2015). Promoting Prospective Elementary Teachers' Learning to Use Formative Assessment for Life Science Instruction. *Journal of Science Teacher Education*, 26(4), 419-445.
- Freire, P. (2009). *La educación como práctica de la libertad*. Madrid: Siglo XXI.
- French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 138–149.
- Frenzel, A., Goetz, T., Stephens, E. y Jacob, B. (2011). Antecedents and effects of teachers' emotional experiences: An integrated perspective and empirical test. En S. P., & M. Zembylas, *Advances in Teacher Emotion Research* (págs. 129-151).
- Furió, C. (1995). El pensamiento espontáneo docente sobre la ciencia y su enseñanza. *Educación Química*, 6(2), 112-116.

- Furió, C. (2001). La enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación: un modelo emergente. En G. J. y L. Pérez de Ulate, *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada* (págs. 15-42). Bilbao: Servicio editorial Universidad del País Vasco.
- Furió, C. y Carnicer, J. (2002a). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 47-73.
- Furió, C. y Carnicer, J. (2002b). La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la escuela*, 47, 33-52.
- Furió, C. y Furió-Gómez, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista? *Educación Química*, 20(Extra: por conferencias plenarias), 246-251.
- Furió, C. y Gil, D. (1999). Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesorado de ciencias. *Educación científica: conferencias, mesas de debate y secciones* (págs. 129-148). Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- Furió, C. y Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de Campo Eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 319-334.
- Furió, C. y Vilches, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. En L. del Carmen, *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Furió, C., Domínguez-Sales, M. y Guisasola, J. (2012). Diseño e Implementación de una Secuencia de Enseñanza para introducir los conceptos de Sustancia y Compuesto Químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113-127.
- Furió, C., Solbes, J. y Furió-Gómez, C. (2008). Towards a proposal for effective ongoing training programmes for science teachers. *Problems of Education in the 21st Century*, 6, 60-70.
- Furió, C., Valés, P. y González de la Barrera, L. (2005). Transformación de las prácticas de laboratorio de química en actividades de resolución de problemas de interés profesional. *Educación Química*, 16(1), 20-29.
- Furió-Gómez, C. y Furió, C. (2016). Dificultades conceptuales y epistemológicas de futuros profesores de Física y Química en las explicaciones energéticas de fenómenos físicos y químicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 7-24.
- Furman, M. y de Podesta, M. E. (2009). *La Aventura de Enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: AIQUE.

- Galán, P. y Martín del Pozo, R. Los criterios básicos de clasificación de la materia: Concepciones y niveles de competencia en alumnos y futuros maestros de Primaria. *Revista Complutense de Educación*, 2, 347-373.
- Gaona, A. (2002). La temática de las basuras en el primer ciclo de primaria. *Alambique*(34), 85-93.
- García-Barros, S. y Martínez-Losada, C. (2007). Interpretando fenómenos relativos a la presión atmosférica mediante ideas y modelos progresivamente más complejos. *Alambique*(54), 72-80.
- García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2009). La nutrición: una función vital que invita a la reflexión didáctica. *Aula de innovación educativa*, 183-184, 37-40.
- García-Carmona, A. y Criado, A. (2013). Enseñanza de la Energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 87-102.
- García-Hourcade, J. y Rodríguez, C. (1985). Preconcepciones sobre el calor en 2º De B.U.P. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 188-193.
- García, L. (2003). *El conocimiento del medio y su enseñanza práctica en la formación del profesorado de educación primaria*. Granada: Nativola.
- García, P. y Sanmartí, N. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En M. Quintanilla, & A. Adúriz-Bravo, *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas* (págs. 279-288). Santiago de Chile: PUC.
- García, S. y Martínez, C. (2001). Qué actividades y qué procedimientos utiliza y valora el profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 19(3), 433-452.
- Garmendia, M., Barragués, J., Zuza, K. y Guisasaola, J. (2014). Proyecto de formación del profesorado universitario de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, en las metodologías de aprendizaje basado en problemas y proyectos. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 113-129.
- Garrido Portela, M. y Martínez-Losada, C. (2009). ¿Qué enseñar sobre los seres vivos? *Aula de innovación educativa*, 183-184, 34-36.
- Garritz, A. y Trinidad, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación Química*, 17(Extra1), 236-263.
- Garritz, A., Labastida, D. y Espinosa, S. (2009). El Conocimiento didáctico de la Indagación. Un instrumento de captura. *X Congreso Nacional de Investigación Educativa*, (págs. 1-13). Veracruz.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N. (1999). *Examining Pedagogical Content Knowloged*. Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.

- Gil, D. (1991). Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gil, D. y Pessoa de Carvalho, A. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 11(2), 244-251.
- Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Gil, D. y Vilches, A. (2008). Que deben saber e saber hacer os profesores universitarios. En M. Cebreiros y N. Casado, *Novos enfoques no ensino universitario*. Tórculo Artes Gráficas.
- Gil, D., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? En OREALC/UNESCO, & OREALC-UNESCO (Ed.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* (págs. 15-28). Santiago de Chile: Andros Impresores. Recuperado el Diciembre de 2014, de <http://www.oei.es>: <http://www.oei.es/decada/139003S.pdf>
- Goldsworthy, A. (1998). Learning to Investigate. En R. Sherrington, *ASE Guide to Primary Science Education* (págs. 63-70). Hatfield : ASE.
- Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo de ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325-340.
- González, J. y Wagenaar, R. (2006). *Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final: La contribución de las universidades al proceso de Bolonia*. Recuperado el Febrero de 2016, de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/index.php/es/>: <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/tuning/tuning04.pdf>
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Grossman, P., Wilson, S. y Shulman, L. (1989). Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching. En M. Reynolds, *Knowledge base for the beginning teacher* (págs. 23-36). New York: Pergamon. En Castellano: Profesores de sustancia: El conocimiento de la materia para la enseñanza (2005). Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado 9(2), pp. 31-55.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007). Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Guisasola, J. y Pérez de Eulate, L. (1999). *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo enseñanza-aprendizaje como investigación orientada*. Bilbao: Universidad del País Vasco.

- Guisasola, J., Furió, C. y Ceberio, M. (2008). Science Education Based on Developing Guided research. En M. Thomase, *Science Education in Focus* (págs. 173-201). New York: Nova Science Publishers.
- Guisasola, J., Pintos, M. E. y Santo, T. (2001). Formación continua del profesorado. Investigación educativa e innovación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 41, 207-222.
- Guisasola, J., Zuza, C., Atmeller, J. y Gutiérrez, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020139(1-14).
- Guisasola, J., Zubimendi, J.L., Almudí, J.M. y Ceberio, M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: Estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias*. 26(2), 177-192.
- Gunstone, R. (1989). A comment on "The problem of terminology in the study of student conceptions in science". *Science Education*, 73(6), 643-646.
- Gunstone, R. y Northfield, J. (1994). Metacognitio and learning to teach. *International Journal of Science Education*, 16(5), 523-537.
- Gunstone, R. y Watts, M. (1989). Force and motion. In R. Driver, E. Guesne, y A. Tiberghien. *Ideas Científicas en la Infancia y Adolescencia*. (pp. 85-104).
- Gutiérrez, A., Palacios, A. y Torrego, L. (2010). La formación de los futuros maestros y la integración de las TIC en la educación: anatomía de un desencuentro. *Revista de Educación*(353), 267-293.
- Haefner, L. y Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653–1674.
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27(3), 323-337.
- Harlen, W. (1999). *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Morata.
- Harlen, W. (2010). *Principles and Big Ideas in Science Education*. Hatfield: Association for Science Education (ASE). Recuperado en 2016: <https://www.ase.org.uk/bigideas>
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación en Ciencias basada en la Indagación: Aspectos de la política y la práctica*. (R. Devés, & P. Reyes, Trads.) Trieste: Global Network of Science Academies (IAP).
- Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://www.ase.org.uk>: <http://www.ase.org.uk/resources/big-ideas/>

- Harlen, W. y Holdroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105.
- Harlen, W. y Qualter, A. (2009). Learning through inquiry. Teaching through inquiry. En W. Harlen, y A. Qualter, *The Teaching of Science in Primary Schools* (págs. 67-156). Londres: Fulton.
- Hattie, J. (2003). Teachers Make a Difference: What is the research evidence? *Research Conferences: Building Teacher Quality: What does the research tell us?* Melbourne: ACER (Australian Council for Educational Research). Recuperado el Octubre de 2015, de http://research.acer.edu.au/research_conference_2003/4/
- Henry, J. (1994). *Teaching through projects*. London: Kogan Page.
- Hernández, F. (2000). Los proyectos de trabajo: la necesidad de nuevas competencias para nuevas formas de racionalidad. *EDUCAR*(26), 39-51.
- Hidalgo, J. y de la Blanca de la Paz, S. (2007). Del Conocimiento Intuitivo al Conocimiento Científico: Un camino por descubrir. *4º Congreso Nacional: La Ciencia en las Primeras Etapas de la Educación* (págs. 14-25). Madrid: CSIC.
- Hierrezuelo, J. y Molina, E. (1990). Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 23-30.
- Hodson, D. (1988). Filosofía de la ciencia y educación científica. En R. Porlán, J. García, & P. Cañal, *Constructivismo y enseñanza de las ciencias* (págs. 7-21). Sevilla: Díada.
- Hodson, D. (1992). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science & Education*, 1(2), 115-144.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal in Science Education*, 18(7), 755-760.
- Hodson, D. (2005). Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. *Educación Química*, 16(1), 30-37.
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hofstein, A. y Lunetta, V. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. y Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.

- Hollins, M. y Whitby, V. (2001). *Progression in primary science : a guide to the nature and practice of science in Key Stages 1 and 2* . Londres: Fulton.
- Huibregtse, I., Korthagen, F. y Wubbels, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561.
- Iglesias, R. M. (2009). ¿Por qué un currículo por competencias? *Congreso Internacional: Fortaleciendo las Competencias. Nuevas estrategias, nuevos aprendizajes en educación infantil*. Madrid.
- Isabelle, A. y de Groot, C. (2008). Alternate conceptions of pre-service elementary teachers: The Itakura Method. *Journal of Science Teacher Education*, 76(4), 417-435.
- Izquierdo, M. (2009). ¿Puede enseñarse química en primaria? En R. Abello, Alcázar, Victoria, P. Cañal, J. Coromines, & M. Izquierdo, *Actividades de laboratorio en el aprendizaje de la física: ¿un capricho o una necesidad?* (págs. 25-36). Barcelona: GRAÓ.
- Izquierdo, M. (2011). *Química a infantil i primària. Una nova mirada*. Barcelona: Graó.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Jaén, M. (2004). Una propuesta didáctica para el estudio del agua: El agua en nuestras vidas. En E. Banet, *Perspectivas para las ciencias en la educación primaria* (págs. 209-242). Madrid: Secretaría General Técnica. MEC.
- Jarvis, T. y Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1787-1811.
- Jiménez Aleixandre, M. y Díaz de Bustamante, J. (1998). La indagación en las clases prácticas de biología: El microscopio. *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, 2, 111-119.
- Jiménez-Aleixandre, M., Gallástegui, J., Eirexas, F. y Puig, B. (2009). *Actividades para trabajar el uso de pruebas y la argumentación en ciencias*. Santiago de Compostela: Danú.
- Jiménez-Alexandre, M. (1998). Diseño curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216.
- Jociles, A. y Velasco, R. (1999). Estudiando la dehesa en primaria. *Alambique*(20), 65-74.

- Johnson, D., Johnson, R. y Holubec, E. (1994). *The new circles of learning: Cooperation in the classroom and school*. Alexandria, Virginia: ASCD.
- Jorba, J. y Casellas, E. (1997). *Estrategias y técnicas para la gestión social del aula (1): La regulación y autorregulación de los aprendizajes*. Madrid: Síntesis.
- Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (2000). *Hablar y Escribir para Aprender*. Madrid, España: Síntesis.
- Kemmis, S. y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*, Barcelona: Laertes.
- Kesidou, S. y Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics: An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85–106.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91(6), 877-905.
- Kim, M., Tan, A.-L. y Toralballa-Talau, F. (2013). New vision and challenges in inquiry-based curriculum change in Singapore. *International Journal of Science Education*, 35(2), 289-311.
- Kruger, C., Palacio, D. y Summers, M. (1992). Survey of English primary teachers conceptions of force, energy and materials. *Science Education*, 76(4), 339-351.
- Kyle Jr., W. (1980). The distinction between inquiry and scientific inquiry and why high school students should be cognizant of the distinction. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(2), 123–130.
- LaCueva, A. (1997). Retos y propuestas para una didáctica contextualizada y crítica. *Educación y Pedagogía*, 9(18), 39-82.
- LaCueva, A. (2001). La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto? En N. García, & M. Guerra. *La Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Primaria. Lecturas* (págs. 141-149). Buenos Aires: SEP: Secretaria de Educación Pública.
- Lanciano, N. (1989). Ver y hablar como Tolomeo. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 173-182.
- Lakin, S. y Wellington, J. (1994). Who will teach the “nature of science”? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- Lawrenz, F. (1986). Misconceptions of Physical Science Concepts among Elementary School Teachers. *School Science and Mathematics*, 86(8), 654-660
- Lazarowitz, R. y Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. En D. Gabel, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (págs. 94-130). New York: MacMillan.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, present, and future. En S. Abell, & N. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* (págs. 831-879). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N., Gess-Newsome, J. y Latz, M. (1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 129-146.
- Lederman, N., Schwartz, R., Abd El Khalick, F. y Bell, R. (2001). Pre-service teachers' understanding and teaching of nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(2), 135-160.
- Lee, C. (2014). A conceptual change model for teaching heat energy, heat transfer and insulation. *Science Education International*, 25(4), 417-437.
- Lepper, M. y Henderlong, J. (2000). Turning "play" into "work" and "work" into "play": 25 years of research on intrinsic versus extrinsic motivation. En C. Sansone, & J. Harackiewicz, *Intrinsic and Extrinsic Motivation: The search for optimal motivation* (págs. 257-307). San Diego: Academic Press.
- Lieberman, A. y Pointer, D. (2008). Making practice public: Teacher learning in the 21st Century. *Journal of Teacher Education*, 61(1-2), 77-88.
- Limón, M. y Carretero, M. (2000). Las ideas previas de los alumnos. ¿Qué aporta este enfoque a la enseñanza de las ciencias? En M. Carretero, *Constuir y Enseñar las Ciencias Experimentales* (págs. 19-46). Buenos Aires: AiQUE.
- Linder, C. (1992). Understanding sound: so what is the problem? *Physics Education*, 27(5), 258-264.
- Llorens, J. (1991). Comenzando aprender química. De las ideas alternativas a las actividades de aprendizaje. Madrid: Visor.
- LOE-2/2006. *Ley Orgánica de Educación*. Recuperado el 10 de 2014, de www.boe.es: <https://www.boe.es/boe/dias/2006/05/04/pdfs/A17158-17207.pdf>
- López-Gay, R. (1987). Las representaciones de los alumnos como puntode partida. El caso de la energía. *Investigación en la Escuela*, 3, 47-54.
- Loughran, J., Berry, A. y Mulhall, P. (2012). Examining The Use and Value of Core(S) and PaP-eRs. En J. Loughran, A. Berry y P. Mulhall, *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge* (págs. 211-221). Rotterdam: Sense Publishers.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R. y Mulhall, P. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307.
- Lynn, B. y Abell, S. (1999). Development of Professional Knowledge in Learning to Teach Elementary Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 121-139.

- Macedo de Burghi, B. y Soussan, G. (1985). Estudio de los conocimientos pre-adquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 83-90.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome, & N. Lederman, *Examining Pedagogical Content Knowledge* (págs. 95-132). Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Majó, F. (2010). Por lo proyectos interdisciplinarios competenciales. *Aula de Innovación Educativa*(195), 7-11.
- Marbà-Tallada, A. y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio dio transversal del sexto a cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19-28.
- Marcelo García, C. (1995). *Formación del profesorado para el cambio educativo*. Barcelona: EUB.
- Marcelo, C. (1993). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre Conocimiento Didáctico del Contenido. En L. Montero y J. M. Vez, *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (págs. 151-186). Santiago de Compostela: Tórculo.
- Marín, N. y Soto, C. (2011). Consensus among experts on the state of the art of science education research. *Journal of Science Education*, 12(1), 8-10.
- Marina, J. y Bernabeu, R. (2007). *Competencia Social y Ciudadana*. Madrid: Alianza.
- Márquez, C. y Pedreira, M. (2005). Dialogar sobre lo esencial: una propuesta de trabajo en la clase de ciencias. *Alambique*(44), 105-112.
- Márquez, C., Gómez, A., Roca, M., Sardà, A. y Pujol, R. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la Escuela*(53), 71-82.
- Martí, J. (2012). *Aprender Ciencias en la Educación Primaria*. Barcelona: GRAÓ.
- Martín del Pozo, R., Fernández, P., González, M. y de Juanas, Á. (2013). El dominio de los contenidos escolares: competencia profesional y formación inicial de maestros. *Revista de Educación*(360), 363-387.
- Martínez-Aznar, M. M. (2009). La MRPI: Una metodología investigativa para el desarrollo de las competencias científicas escolares en la Educación Primaria. En MEC-ISFP, *Educación Científica "Ahora": El Informe Rocard* (págs. 47-77). Madrid: Secretaría General Técnica.
- Martínez-Chico, M. (2013). Tesis Doctoral. . *Formación inicial del maestro para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Almería: Universidad de Almería.

- Martínez-Chico, M., Jiménez, M. y López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa de formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Eureka. Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-166.
- Martínez-Chico, M., Jiménez, M., López-Gay, R. y Villegas, L. (2014a). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 591-608.
- Martínez-Chico, M., López-Gay, L. y Jiménez, L. (2014b). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*(28), 153-173.
- Martínez-Losada, C. y García, S. (2010). Qué vemos en el cielo y cómo podemos explicarlo. En MEC, *Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico: la comprensión del entorno próximo* (págs. 163-196). Madrid: Secretaría general Técnica. MEC.
- Martínez-Torregrosa, J., Domènech, J., Menargues, A. y Romo, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación Química*, 23(Extra 1), 112-126.
- Martínez-Torregrosa, J., Sifredo, C. y Verdú, R. (2005). ¿Cómo diseñar los contenidos de un tema o de un curso? En UNESCO, *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* (págs. 185-196). Santiago de Chile: Unesco.
- Martínez-Torregrosa, J., Verdú, R. y Osuna, L. (2002). Enseñar y aprender en una estructura problematizada. *Alambique : Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 9(34), 47-55.
- Matthwes, M. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Meiztegui, A., González, E., Tricárico, J....(2000). La Formación de los profesores de ciencias en Iberoamérica. *Revista IBEROAMERICANA de Educación. Monográfico*, 24, 163-187.
- Mellado, V. (1994). *Análisis del Conocimiento Didáctico del Contenido en Profesores en Ciencias de Primaria y Secundaria en Formación Inicial [Tesis Doctoral]*. Cáceres: Universidad de Extremadura.
- Mellado, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*(40), 17-30.

- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.
- Mellado, V. y González, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias . En F. Perales y P. Cañal, *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (págs. 535-556). Alcoy: Marfil.
- Mellado, V., Blanco, L., Borrachero, A. y Cárdenas, J. (2012a). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas Vol 1*. Badajoz: Grupo de Investigación DEPROFE.
- Mellado, V., Blanco, L., Borrachero, A. y Cárdenas, J. (2012b). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas Vol 2*. Badajoz: Grupo de Investigación DEPROFE.
- Mellado, V., Borrachero, A., Brígido, M., Melo, L., Dávila, M., Cañada, F., . . . Bermejo, M. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36.
- Mellado, V., Melo, L., Cañada, F. y Díaz, M. (2011). La enseñanza del campo eléctrico desde la caracterización inicial del Conocimiento Didáctico del Contenido de una profesora de secundaria. *Revista Cubana de Física*, 28(1), 117-121.
- Mellado, V., Ruiz, C. y Blanco, L. (1997). Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial de maestros. *Bordón*, 49(3), 275-288.
- Mellado, V., Vázquez, B. y Jiménez, R. (2012). El Conocimiento Didáctico del Contenido como elemento integrador en la formación del Profesorado: el Caso de una Profesora de Ciencias Experimentales. *Edusk. Revista Monográfica de Educación*, 3, 266-326.
- Menbiela, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 51-57.
- Menbiela, P. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad : formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- Merchán, F. J. (2005). Crítica de la Didáctica: conocimiento, formación del profesorado y mejora de la enseñanza. *Investigación en la Escuela*(55), 29-40.
- Metz, K. (1995). Reassessment of Developmental Constraints on Children's Science Instruction. *Review of Educational Research*, 65(2), 93-127.
- Metz, K. (2004). Children's Understanding of Scientific Inquiry: Their conceptualization of uncertainty in Investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22(2), 219–290.
- Metz, K. (2008). Narrowing the gulf between the Practices of Science and the Elementary School Science Classroom. *The Elementary School Journal*, 109(2), 138-161.

- Metz, K. (2010). Scaffolding children's understanding of the fit between organisms and their environment in the context of the practices of science. *9th International Conference of the Learning Sciences, Volume 1* (págs. 396-403). Chicago: ISLS.
- Metz, K. E. (1997). On the Complex Relation Between Cognitive Developmental Research and Children's Science Curricula. *Review of Educational Research*, 67(1), 151-163.
- Michaels, S. y O'Connor, C. (2012). *Talk Science Primer. Into: The Inquiry Project by TERC and NSF*. Cambridge, MA: TERC.
- Michinel, J. y D'Alessandro, A. (1994). El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 369-380.
- Minner, D., Jurist-Levy, A. y Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction. What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Mora, C. y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 72-86.
- Moreira, M.A (2012). ¿Al final, Qué es aprendizaje significativo?. *Revista Currículum*, 25, 29-56
- Moreno, A. (2008). ¿Cómo han enseñado los maestros las ciencias en la escuela a lo largo del siglo XX? En A. y. de Pro Bueno, *el desarrollo del pensamiento científico-técnico en Educación Primaria* (págs. 9-42). Madrid: Secretaria General Técnica MEC.
- Murcia, K. y Schibeci, R. (1999). Primary student teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1123-1140.
- Murphy, C., Neil, P. y Beggs, J. (2007). Primary science teacher confidence revisited: ten years on. *Educational Research*, 49(4), 415-430.
- Navarro, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de la astronomía diurna en primaria mediante secuencias problematizadas basadas en mapas evolutivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), 163-174.
- NCB (National Curriculum Board) (2009). *Shape of the Australian curriculum: Science*. Recuperado el 01 de 2015, de http://www.acara.edu.au: http://www.acara.edu.au/verve/_resources/australian_curriculum_-_science.pdf
- Newton, D. y Newton, L. (2001). Subject content knowledge and teacher talk in the primary science classroom. *European Journal of Teacher Education*, 24(3), 369-379.
- NGSS. (2013). *Next Generation Science Standards*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>

- Nickerson, R., Perkins, D. y Smith, E. (1987). *Enseñar a pensar. Aspectos de la aptitud intelectual*. Barcelona: Paidós.
- Nilsson, P. (2013). What do we know and where do we go? Formative assessment in developing student teachers' professional learning of teaching science. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 19(2), 188–201.
- Nilsson, P. y Loughran, J. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699–721.
- Nilsson, P. y Van-Driel, J. (2011). How Will We Understand What We Teach? - Primary Student Teachers' Perceptions of their Development of Knowledge and Attitudes Towards Physics -. *Research in Science Education*, 41(4), 541-560.
- NRC (1996). *National Science Education Standards*. Recuperado el 10 de 2014, de http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962
- NRC (1997). *Science Teaching Reconsidered. A Handbook*. Recuperado el 10 de 2016, de <https://www.nap.edu/read/5287/chapter/1>
- NRC (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*. Recuperado en 2016, de <https://www.nap.edu/read/9596/chapter/1>
- NRC (2001). *Educating Teachers of Science, Mathematics, and Technology. New Practices for the New Millenium*. Recuperado en 2016, de <https://www.nap.edu/read/9832/chapter/1>
- NRC (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Recuperado en 2016, de http://www.scimathmn.org/stemtc/sites/default/files/downloads/framework_for_k-12_science_education_final_0.pdf
- NSTA (2020). *Standards for science teacher preparation*. Recuperado de: <https://www.nsta.org/nsta-standards-science-teacher-preparation>
- Nunes, A. (2003). *El conocimiento escolar sobre el Calor y la Temperatura: caracterización del mismo y estudio de la evolución de las concepciones de los alumnos de bachillerato*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Ocelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2005a). *The definition and selection of key competence*. Recuperado el 11 de 2014, de <http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/definitionandselectionofcompetenciesdeseco.htm>

- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2005b). *Teachers Matter: Attracting, developing and retaining effective teachers*. París: OECD Publications. Recuperado el 05 de 2016, de <http://www.oecd.org/edu/school/attractingdevelopingandretainingeffectiveteachers-finalreportteachersmatter.htm>
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (04 de 2006a). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies*. Recuperado el 12 de 2014, de <http://www.oecd.org/science/sci-tech/>: www.oecd.org/science/sci-tech/36645825.pdf
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2006b). *PISA 2006: Marco de la Evaluación*. Recuperado el 11 de 2014, de <http://www.oecd.org/pisa/>: www.oecd.org/pisa/39732471.pdf
- Oliva, J. (1996). Estudio sobre la consistencia en las ideas de los alumnos en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 87-92.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science Education in Europe: Critical Reflecons. *A Report to the Nuffield Foundation*. Recuperado el 05 de 2016, de https://www.nuffieldfoundation.org/wp-content/uploads/2019/12/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final1.pdf
- Osborne, J. y Simon, S. (1996). Primary Science: Past and Future Directions. *Studies in Science Education*, 27(1), 99-147.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" should be taught in school science? A delphy study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Osborne, R. y Freyberg, P. (1991). *El Aprendizaje de las ciencias : implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea.
- Osuna G., L., Martínez Torregrosa, J., Carrascosa, J. y Verdú, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 277-294.
- Otero, V. y Nathan, M. (2008). Preservice Elementary Teachers' Views of Their Students' Prior Knowledge of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 497-523.
- Padilla, K., Ponce-de-Leon, A., Rembado, F. y Garritz, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389–1404.
- Pajares, F. y Kranzler, J. (1995). Self-efficacy beliefs and general mental hability in mathematical problem-solving. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 426-443.

- Parra, D. y Segarra, J. (2014). Discursos de ciudadanía e identidad en la formación de maestros. En I. García Parejo, *El estudio del discurso en comunidades educativas. Aproximaciones etnográficas* (págs. 145-151). Madrid: Traficante de Sueños.
- Parlamento Europeo (2000). Conclusiones del Consejo Europeo de Lisboa. Lisboa. Recuperado el Octubre de 2015, de http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_es.htm
- Parlamento Europeo (2002). Conclusiones del Consejo Europeo de Barcelona. Barcelona. Recuperado el Octubre de 2015, de http://www.europarl.europa.eu/bulletins/pdf/01s2002_es.pdf
- Parlamento Europeo (2006). *Recomendaciones del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente*. Recuperado en 2016, de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=ES>
- Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P. y de Pro, A. (2012). *11 Ideas Clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Perales, F. (1997). Escuchando el sonido: Concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 233-247.
- Perales, J. (2003). El estudio del sonido en Educación Secundaria. *Alambique*, 35, 9-16.
- Peralta, F. y Sánchez, M. D. (2003). Relaciones entre el autoconcepto y el rendimiento académico en alumnos de educación primaria. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa y Psicopedagógica*, 1(1), 95-120.
- Pérez, A. (1992). El pensamiento pedagógico de los profesores: un estudio empírico sobre la incidencia de los cursos de aptitud pedagógica (CAP) y de la experiencia profesional en el pensamiento de los profesores. *Investigación en la Escuela*, 17, 51-73.
- Petrucci, D., Antúnez, G. y Pérez, S. (2008). Concepciones de los docentes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(1), 1-17.
- Porlán, R. (1994). Las concepciones epistemológicas de los profesores: el caso de los estudiantes de magisterio. *Investigación en la Escuela*, 22, 67-84.
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento Profesional y Epistemología de los profesor, I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.

- Porlán, R., Rivero, A. y Solís, E. (2011). Un modelo de formación para el cambio del profesorado de ciencias. *Primeras Jornadas de Innovación Docente de la Facultad de Ciencias de la Educación*. Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://idus.us.es/handle/11441/25491>
- Pozo, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Pozo, J. I., Pérez, M. d., Scheuer, N., de La Cruz, M., Martín, E. y Mateos, M. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos*. Barcelona: Graó.
- Pozo, J., y Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿que cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.
- Prieto, T., Blanco, A. y González, F. (2000). La materia y los materiales. Madrid: Síntesis.
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las Ciencias en Educación Primaria*. Madrid: Síntesis.
- Pujolàs, P. (2009). *El aprendizaje cooperativo: 9 ideas clave*. Barcelona: Graó.
- Pujolàs, P., Lago, J. y Naranjo, M. (2011). Aprender cooperando para enseñar a cooperar: procesos de formación/asesoramiento para el desarrollo del programa CA/AC. *Aula*, 17, 89-106.
- Real Decreto 1440/1991, de 30 de agosto, por el que se establece el título universitario, oficial de Maestro, en sus diversas especialidades y las directrices generales propias de los planes de estudios de Magisterio. Obtenido de: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1991-24768
- Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación primaria. Obtenido de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-21409>
- Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Obtenido de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18770>
- Reinsvold, L. y Cochran, K. (2012). Power Dynamics and Questioning in Elementary Science Classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 745-768.
- Rice, D. (2005). I didn't know oxygen could boil! What preservice and inservice elementary teachers' answers to 'simple' science questions reveals about their subject matter knowledge. *International Journal of Science Education*, 27(9), 1059–1082.
- Rico, A., Ruiz-González, A., Oier, A. y Guisasola, J. (2021). Dificultades de aprendizaje del modelo de sonido: una revisión de la literatura. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(2), 5-23.
- Rivero, A. y porlán, R. (2004). The difficult relationship between theory and practice in an in-service course for science teachers. *International Journal of Science Education*, 26(10), 1223-1245.

- Rivero, A., Hamed, S., Martín del Pozo, R. y Solís, E. (2013). La formación inicial de maestros: ¿qué hacer y cómo en didáctica de las ciencias? . *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (págs. 3045-3051). Girona: Revista Enseñanza de las Ciencias.
- Roblizo, M., & Cózar, R. (2015). Usos y competencias en TIC en los futuros maestros de educación infantil y primaria: hacía una alfabetización tecnológica real para docentes. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(47), 23-39.
- Roca, M. (2007). Les preguntes en l'aprenentatge de les ciències. *Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona*. Barcelona, Cataluña, España.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruselas: European Commission. Directorate-General for Research in Science, Economy and Society.
- Rosaleny, A. (2008). ¡Agua Va!...Experimentemos con el agua. En A. de Pro Bueno, *El desarrollo del pensamiento científico-técnico en educación primaria* (págs. 173-209). Madrid: Secretaría General Técnica-MEC.
- Rosebery, A., Ogonowski, M., DiSchino, M. y Warren, B. (2010). "The coat traps all tour body heat": Heterogeneity as fundamental to learning. *Journal of the learning sciences*, 19(3), 322-357.
- Roth, K. (2014). Elementary Science Teaching. En N. Lederman, S. Abell, *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (págs. 361-394). New York: Taylor & Francis.
- Roth, K., Druker, S., Garnier, H., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., . . . Gallimore, R. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Recuperado el Noviembre de 2015, de <http://nces.ed.gov/pubs2006/2006011.pdf>
- Roth, W.-M. (1996). Teacher questioning in an open-inquiry learning environment: interactions of context, content and student responses. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 709-736.
- Ryan, G. y Bernard, H. R. (2000). Data Management and Analysis Methods. En: N. K. Denzin and Y. S. Lincoln. *Handbook of Qualitative Research*, 2nd Edition (págs. 769-802). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Saltiel, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.

- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En M. P. Fernández, & T. Álvarez, *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo* (págs. 103-128). Madrid: Secretaría General Técnica. MEC.
- Sanmartí, N. y Tarín, R. (2008). Proyectos y actividades para cambiar el entorno. *Aula de Infantil*(44), 5-7.
- Saura, O. y de Pro, A. (1999). ¿utilizan los alumnos esquemas conceptuales en la interpretación del sonido? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 193-210.
- Schwab, J. (1966). *The teaching of science*. Cambridge: Harvard University Press.
- Schwarz, C. (2009b). A Learning Progression of Elementary Teachers' Knowledge and Practices for Model-Based Scientific Inquiry. *Annual Meeting Program of American Educational Research Association: Disciplined Inquiry: Education Research in the Circle of Knowledge*. San Diego: American Educational Research Association.
- Schwarz, C. y Gwekwerere, Y. (2007). Using guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009a). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Scott, P., Asoko, H. y Leach, J. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. En S. Abell y N. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* (págs. 31-56). New Jersey: Routledge.
- Sharan, Y. y Sharan, S. (1992). Expanding cooperative learning through group investigation. (págs. 20-60). New York: Teachers College Press.
- Shaughnessy, J. (2007). Research on Statistics Learning and Reasoning. En F. Lester Jr., *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (págs. 957-1009). Reston: NCTM.
- Shayer, M. y Adey, P.S. (1984). La ciencia de enseñar ciencia. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo. Madrid: Narcea.
- Shipstone, D. et al. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal Science Education*, 10(3), 303-316.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Obtenido en castellano: Conocimiento y enseñanza: Fundamentos de la nueva reforma (2005). Profesorado. Revista de curriculum y formación del profesorado 9(2), pp. 1-30

- Shulman, L. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea. En M. Wittrock, *La investigación de la enseñanza I: Enfoques, teorías y métodos* (O. Castillo, Trad., págs. 9-94). Madrid: Paidós. MEC.
- Shulman, L. (1998). Theory, practice, and the education of professionals. *Elementary School Journal*, 98(5), 511-526.
- Shulman, L. y Sykes, G. (1986). A national board for teaching? In search of a bold standard. *A Nation Prepared: Teachers for the 21st Century. The Report of the Task Force on Teaching as a Profession*. New York: Carnegie Forum on Education and the Economy.
- Slavin, R. (2014). Cooperative Learning and Academic Achievement: Why does groupwork works? *Anales de Psicología*, 30(3), 785-791.
- Smith, D. (2000). Content and Pedagogical Content Knowledge for elementary science teacher educators: Knowing our students. *Journal of Science Teacher Education*, 11(1), 27-46.
- Smith, D. (2002). Changing our Teaching: The role of Pedagogical Content Knowledge Context in Elementary Science. En J. Gess-Newsome, & N. Lederman, *Examining Pedagogical Content Knowledge: The construct and its implications* (págs. 163-198). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Smith, D. y Neale, D. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20.
- Solbes, J. (2009). Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): Resumen del camino avanzado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 2-20.
- Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 387-397.
- Solbes, J. y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 185-194.
- Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-348.
- Solbes, J., Gavidia Catalán, V., Vilches, A. y Furió, C. (2004). Algunas consideraciones sobre la incidencia de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la escuela* (52), 103-109.

- Solís, E. y Porlán, R. (2003). Las concepciones del profesorado de ciencias del secundario en formación inicial ¿obstáculo o punto de partida? *Investigación en la Escuela*(49), 5-22.
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), pp. 49-59.
- Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, pp. 165-176.
- Sternber, R. y Spear-Swerling, L. (1999). *Enseñar a Pensar*. Madrid: Santillana.
- Stoddart, T., Conell, M., Stofflett, R. y Peck, D. (1993). Reconstructing elementary teacher candidates' understanding of mathematics and science content. *Teaching and Teacher Education*, 9(3), 229-241.
- Strauss, S. y Stavy, R. (1982). U-shaped behavioral growth: Implications for theories of development. In W. W. Hartup (Ed.), *Review of child development research* (vol. 6) (pp. 547-599). Chicago: University of Chicago Press
- Symington, D. y Hayes, D. (1989). What do you need to know to teach science in the primary school?. *Research in Science Education*, 19(1), 278-285.
- Talanquer, V. (2004). Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 1-7.
- Talanquer, V. (2014). Razonamiento pedagógico específico sobre el contenido. *Educación Química*, 25(3), 391-397.
- Tejada F., J. (1999a). Acerca de las Competencias Profesionales I. *Herramientas*, 56, 20-30.
- Tejada F., J. (1999b). Acerca de las competencias profesionales II. *Herramientas*, 57, 8-14.
- Tobin, K. y McRobbie, C. (1997). Beliefs about the Nature of Science and the Enacted Science Curriculum. *Science Education*, 6(4), 355-371.
- Tobin, K., Tippins, D. y Gallard, A. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. En D. Gabel, *Handbook of research on science teaching and learning* (págs. 45-93). New York: MacMillan.
- Trabasso, T. y Magliano, J. (1996). Conscious understanding during text comprehension. *Discourse Processes*, 21 (3), 255-287.
- Trumper, R. (1997). A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers. *International Journal of Science Education*, 19(1), 31-46.
- Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: The role of practical work. En J. Gilbert, & D. Treagust, *Multiple Representations in Chemical Education (Series: Models and Modeling in Science Education, vol. 4)* (págs. 109-136). Springer.

- Urdan, T. y Turner, J. (2005). Competence motivation in the classroom. En A. Elliot, & C. Dweck, *Handbook of Competence and Motivation* (págs. 297-317). New York: Guilford.
- Valcárcel, M. V. y Sánchez, G. (2004). Estudio de los materiales de uso cotidiano: explorando algunas propiedades y cambios. En MEC-ISFP, *Perspectivas para las ciencias en la Educación Primaria* (págs. 243-297). Madrid: Secretaría General Técnica.
- Valcárcel, M. V. y Sánchez, G. (2008). ¿Cómo preparar mis clases para trabajar con los niños sobre los materiales y sus propiedades? En MEC-ISFP, *El desarrollo del pensamiento científico-técnico en Educación Primaria* (págs. 295-341). Madrid: Secretaría General Técnica.
- Valcárcel, M. V. y Sánchez, J. (2011). Sustancias solubles y no solubles en agua. *AULA. De Innovación Educativa*, 203-204, 79-86.
- Valverde, G. y Schmidt, W. (2000). Greater Expectations: Learning from other Nations in the quest for 'World-Class Standards' in U.S. School Mathematics and Science. *Journal of Curriculum Studies*, 32, 651-687.
- van Driel, J., de Jong, O. y Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572-590.
- Van Huls, C. y Van den Berg (1993). Teaching energy: a systems approach. *Physics Education*, 28, 146-153.
- Vázquez, A. y Manassero, M. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 5(3), 274-292.
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31.
- Verde, A. M., Pablos, M., López, M. A. y Vallés, C. (2013). La educación científica: Percepción de los alumnos al finalizar educación primaria . *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (págs. 3669-3675). Girona: Revista Enseñanza de las Ciencias.
- Verdú, R., Martínez-Torregorsa, J. y Osuna, L. (2002). Enseñar y aprender ciencia en una estructura problematizada. *Alambique*, 34, 47-55.
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge? *Ciències*(18), 22-36.

- Vilches, A. y Gil, D. (2013). Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Necesidad de una mayor vinculación. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 34, 15-27.
- Vilches, A., Solbe, J. y Gil, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos?. *Alambique*, 41, 89-98.
- Vosniadou, S. y Brewer, W. (1992). Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Watson, J. R. (1994). Diseño y realización de investigaciones en las clases de Ciencias. *Alambique*(2), 57-65.
- Weiss, I., Pasley, J., Sean-Smith, P., Banilower, E. y Heck, D. (2003). *Looking Inside the Classroom: A Study of K-12 Mathematics and Science Education in the United States*. Chapel Hill: Horizon Research, Inc.
- Wilson, S., Shulman, L., y Richert, A. (1987). "150 different ways" of knowing: Representations of knowledge in teaching. En J. Calderhead, *Exploring teachers' thinking* (págs. 104-124). Londres: Cassell.
- Windschitl, M. (2004). Folk Theories of "Inquiry": How Preservice Teachers reproduce the discourse and practices of an Atheoretical Scientific Method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481-512.
- Windschitl, M., y Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigations: Can the pre-service instruction foster teachers' understanding of model-based inquiry? *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835.
- Worth, K., Duque, M., y Saltiel, E. (2009). *Pollen: Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for Primary Education*. Montrouge: La main à la pâte. Recuperado el 11 de 2016, de http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/Guide_Designing%20and%20implementing%20IBSE_final_light.pdf
- Zabala, A., y Arnau, L. (2007). *11 ideas clave: Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.
- Zabalza, M. (2006). Buscando una nueva hoja de ruta en la formación del profesorado. *Revista de Educación*(340), 19-40.
- Zemal-Saul, C. (2009). Learning to Teach Elementary School Science as Argument. *Science Education*, 93(4), 687-719.
- Zientek, L., Yetkiner, Z., y Thompson, B. (2010). Characterizing the mathematics anxiety literature using confidence intervals as a literature review mechanism. *Journal of Educational Research*, 103(6), 424-438.
- Zimmerman, B. (2001). Theories of Self-regulated learning and academic achievement. En B. Zimmerman, y D. Schunk, *Self-Regulated Learning and Academic Achievement. Theoretical Perspectives* (págs. 1-36). Hillsdale: Erlbaum.

ANEXOS

Anexo 1: Diapositivas usadas en las sesiones 1 y 2.

**DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS:
Materia, Energía y Máquinas**
Curso 2012-2013



Profesora Asignatura:
Gloria Sánchez Marquez
gloria.sanchez@uv.es

Profesora Invitada:
Johanna Duque Lozano
kellyjohannad@gmail.com

**Actividad 1.
¿Quién es Quién?**

¡INVENTO! ¿Cómo
sus PROYECTORAS Y sus
sus CUALQUIERA
¡NO SE. ¡TU QUE INNOV?

Apellido Nombre Siglas
DURBA_LARA_AI


Profesora Invitada:
Johanna Duque Lozano
kellyjohannad@gmail.com

Profesora Asignatura:
Gloria Sánchez Marquez
gloria.sanchez@uv.es

Aula Virtual
Recursos
Actividades



¿Cuál es la primera idea que os surge al ver esta imagen?



En la antigüedad...



Fuente: Campanario (2010)

En la actualidad...

QUÁNTOS DOCENTES ESTOS
NUEVOS PROGRAMAS HAN
ACABADO CON LA ERA DE LAS
TARJETAS, DE LOS PUPITRES
EN FILA, DE LAS LECCIONES
TRANSMISIVAS. A VER,
¡HEFED! TODOS. ESTOS
NUEVOS PROGRAMAS HAN
ACABADO...



FRATO

En la actualidad...

EDUCATIVE INNOVÉISION

¡NO PUEDO DEJAR
DE INNOVAR

PROFESOR
INNOVADOR

DEDO INTERACTIVO

SUMA
INTERACTIVA

PC PORTATIL

PANTALLA
INTERACTIVA

PROYECTOR



Fuente



Por tanto, nuestro reto como futuros maestros y maestras de primaria es:

¿Cómo mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y de la tecnología en los primeros años de escolaridad?

¿Qué vamos a aprender?

OBJETIVO GENERAL DEL CURSO:

▫ Aprender a enseñar ciencia y tecnología de forma reflexiva e innovadora con el fin que seamos capaces de:

- ✓ Promover el interés por la cultura científica y tecnológica.
- ✓ Evitar transmitir visiones distorsionadas sobre las ciencias y la tecnología.
- ✓ Evitar transmitir/generar errores conceptuales..
- ✓ ayudar a nuestros estudiantes a aprender de forma efectiva (desarrollar sus competencias).
- ✓ Promover hábitos saludables, actitudes y comportamientos solidarios y, en particular, de respeto y defensa del medio natural y social, que contribuyan al avance hacia un futuro sostenible.
- ✓ Evaluar el desarrollo de las competencias de sus estudiantes.

¿Qué vamos a aprender?

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL CURSO

1- Elaborar propuestas didácticas.
 Para ello aprenderemos a tomar decisiones sobre:

- ¿Qué enseñar de las ciencias? (Seleccionar contenidos relevantes).
- ¿Por qué y para qué enseñar ciencias? (formular objetivos)
- ¿Cómo lograr que mis estudiantes aprendan? (seleccionar metodologías y planificar actividades de aprendizaje)
- ¿Cómo evaluar el aprendizaje de mis estudiantes?

¿Qué vamos a aprender?

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL CURSO

2- Realizar clases que sean coherentes con nuestra planificación (aprender a implementar las propuestas).

3- Ser crítico ante el estudio de las ciencias y la tecnología:

- Analizar la importancia de las ciencias naturales como parte de la cultura,
- Analizar sus relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente C.T.S.A.
- Analizar sus repercusiones. El papel que juegan en nuestras vidas y en la transformación del entorno.

¿Cómo lo vamos a aprender?

Mediante el aprendizaje cooperativo:

I. Creando un banco de actividades de aprendizaje dinámicas y útiles para el mundo de la vida.

PROYECTO	TOMA DE DECISIONES	¿QUÉ NECESITAMOS SABER?
DISEÑAR UNA MINI-PROPUESTA DIDÁCTICA Planificar actividades de aprendizaje interactivas	¿Qué enseñar?	UNIDAD 1 LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA EDUCACIÓN - ¿Desde qué visión de ciencia y tecnología vamos a enseñar? - ¿Qué contenidos de las ciencias se abordan en la educación primaria?
	¿Por qué y para qué enseñar? ¿Qué ciencia?	UNIDAD 2 EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y DE LA TECNOLOGÍA - Tendencias/concepciones de aprendizaje (constructivismo, inductivo, asociacionismo, etc.) - Las ideas de la reflexión sobre el medio natural y tecnológico.
	¿Cómo lograr el aprendizaje? ¿Metodología?	UNIDAD 3 ANÁLISIS DIDÁCTICO DE LOS CONTENIDOS RECLAMADOS DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA EN PRIMARIA
	¿Cómo evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje? ¿Para qué evaluar? ¿Evaluación?	UNIDAD 4 DESARROLLO DE LAS DESTREZAS PROCEDIMENTALES

¿Cómo lo vamos a aprender?

II. Asumiendo en clase el "Rol de maestros" analizando de forma crítica nuestras ideas espontáneas respecto a:

- qué es la actividad científica,
- qué enseñar,
- cómo enseñar para fomentar la resolución de problemas en la vida real.

Juan Domingo Fariña

¿Cómo lo vamos a aprender?

Creando un Banco de Actividades Motivadoras y Exploratorias del Entorno Físico

¿Cómo lo vamos a aprender?

Creación de un Banco de Actividades Motivadoras y Exploratorias del Entorno físico

Etapa 1: DISEÑAR UNA PROPUESTA DIDÁCTICA	1). Entrega Propuesta Mini-unidad Didáctica: 6 de noviembre hasta las 15:00h (entregar por correo electrónico)	
Etapa 2: Realizar una Clase Implementando la propuesta didáctica	2) Implementar propuesta realizando una clase.	Noviembre: Martes 8 Miércoles 7 Viernes 8 Martes 13 Miércoles 14 Viernes 18 Martes 20 Viernes 28
Etapa 3: Realizar Clase en los Colegios: Prácticas II	3). Entrega Propuesta Corregida para crear el Banco de Actividades: 30 de noviembre hasta las 15h (entregar por correo electrónico).	

Para que la evaluación sea justa, todos realizarán la misma prueba: Vais a subir a ese árbol

EVALUACIÓN DEL CURSO...

¿Cómo evaluaremos nuestro aprendizaje?

Diseñar Propuesta Didáctica: Planificar actividades de aprendizaje	30% de la Nota Final
Realizar Clase: Implementar la propuesta realizando una clase	15% de la Nota Final
Evaluar Aprendizaje Continuo: • Evaluaciones cortas "QUIZ" sobre lecturas previas a cada clase. • Evaluaciones cortas sobre contenidos tratados en cada sesión. • Actividades Individuales (ensayos...)	20% de la Nota Final
Participación "activa" en Clase:	10% de la Nota Final
Cuestionario Final	20% de la Nota Final
Co y Autoevaluación	5% de la Nota Final

Anexo 2: Ejemplo de diapositivas usadas para el seminario y debate sobre enseñanza basada en competencias.



¿Qué enseñar?
1. Identificamos los Contenidos que vamos a enseñar

Área: Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural

Ciclo: _____ Grado: _____

CONTENIDOS									
BLOQUE TEMÁTICO 1: CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS DE LOS SENSORES.									
1.1 Nomenclatura y Terminología.									
1.2 Características eléctricas de diseño.									
1.3 Circuito de conexión genérico.									
1.4 Finalidad de los sistemas de medida.									
BLOQUE TEMÁTICO 2: SENSORES POTENCIOMÉTRICOS									
2.1 Características genéricas.									
2.2 Parámetros característicos.									
2.3 Clasificación de los potenciómetros.									
2.4 Acondicionamiento de la señal.									
2.5 y 2.6 Aplicaciones y medidas remotas									

Tema 2: ¿Para qué enseñar estos conocimientos?

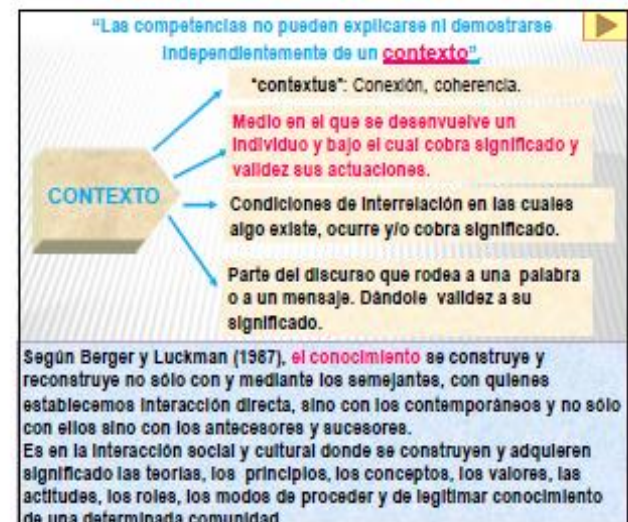
Partiendo de los contenidos y/o de las actividades vamos a enunciar los objetivos de aprendizaje (Competencias Específicas)

CONTENIDOS	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE: COMPETENCIAS ESPECÍFICAS
Dirección Estratégica, organización, gestión y creación de Empresas.	
Marketing de Hoteles y Restaurantes	



COMPETENCIA es el conjunto interrelacionado e interdependiente de:

- **Conocimientos (saber, los conocimientos requeridos para desempeñar adecuadamente una actividad y/o para generar nuevo conocimiento, capacidad de conocer y comprender).**
- **habilidades (saber cómo hacer, ya sea para resolver problemas o para realizar cualquier tipo de tarea, académica o no, aptitudes).**
- **Actitudes (saber cómo estar para adaptarse, participar y contribuir al desarrollo sostenible de su entorno) y valores (saber cómo ser, asumiendo los valores como parte integrante de la forma de ser, de percibir a los otros y de vivir en un contexto social y ambiental) (Tuning 2003).**





Anexo 3: Ejemplos de diapositivas usadas para el seminario-taller de importancia de las ideas previas.

VEAMOS EL SIGUIENTE PROGRAMA DE TELEVISIÓN.



En este programa de televisión se confunde el **peso** con la fuerza que ejercemos sobre el suelo.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Fijémonos como nuestros simpáticos amigos nos hacen pensar que, como en el espacio no hay aire, nos ahogamos. Si nos fijamos en Filemón pone de relevancia que nuestro cuerpo se comprime, en lugar de expandirse como sería de esperar, ya que no tendríamos presión atmosférica. No hablemos ya de los cierres herméticos del traje de su compañero Mortadelo.



¿POR QUÉ ES NECESARIO IDENTIFICAR LAS IDEAS ALTERNATIVAS DE DOCENTES Y ESTUDIANTES?

□ El significado que se dé a la nueva información estará condicionado por las concepciones y conocimientos previos que tenga el alumno y el propio ¡DOCENTE!

INNOVACIÓN EDUCATIVA:
<http://www.curioelkid.com/view/index.asp?paginaMS=230406.me=156&jump=true>

□ Por tanto, el conocimiento de dichas concepciones ayudará al profesorado a diseñar acciones que permitan organizar y optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

¿QUÉ SON LAS IDEAS ALTERNATIVAS?
FUENTE: (CARRASCOSA, 2005, 2006)

- ✗ **Idea alternativa:** conjunto de IDEAS construidas por las personas (el profesorado, los estudiantes), que suelen ser diferentes de las ideas científicas.
- ✗ Persisten en el tiempo y son un modo particular de interpretar el entorno y pueden condicionar nuestra forma de afrontar problemas de forma efectiva.
- **Error conceptual:** son aquellas ideas alternativas que son enseñadas por el profesorado, los textos escolares y los medios de comunicación.

Puesto que las ideas alternativas no son válidas en el campo científico y tecnológico, termina siendo una idea equivocada que afecta a un concepto científico determinado.

En la actualidad, prácticamente todos los campos de la ciencia y de la tecnología han sido analizados en busca de errores conceptuales e ideas alternativas.

- Como bien ha sido remarcado por Duschl (1994), director de la revista Science Education, y por Sanmartí y Azcárate (1997), directora y directora adjunta, respectivamente, de la revista Enseñanza de las Ciencias, ya está bien de buscar concepciones alternativas, pues conocemos ya demasiadas. Pongámonos manos a la obra para cambiarlas.

Anexo 4: Ejemplo de diapositivas para mostrar cómo trabajar un contenido con base en actividades que fomenten el análisis crítico.

SEGÚN EL CURRÍCULUM DE PRIMARIA, UNO DE LOS RETOS DEL PROFESORADO ES:

□ Promover **hábitos saludables, actitudes y comportamientos solidarios** y, en particular, de respeto y defensa del medio natural y social, que contribuyan al avance **hacia un futuro sostenible**.

¿Cómo planificaremos la Unidad Didáctica?

¿Qué enseñar? ¿Para qué? ¿Cómo lograrlo?

CONTENIDOS	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Objetivos de aprendizaje	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	TEMP	EVALUACIÓN
Ciclo escolar: 2º Ciclo de primaria				
Bloque 4. Personas, culturas y organización social	Distinguir entre las conductas antisociales y conductas cívicas en la conducción.			
- Organización social.				
- Las normas de convivencia y su cumplimiento.				
- Derechos y deberes.				

Enfoque Metodológico:


a) Discursivo: clase magistral
b) Constructivo: del análisis al conocimiento

a) Discursivo: clase magistral


Profesoría	Alumno/A
emisor	receptor
<p>*Expone y explica información: Enumera y explica las normas de conducción</p> <p>* Responde ante las dudas...</p>	<p>*Escucha la información: Escucha y escribe las normas de conducción</p> <p>*Plantea dudas, cuestiona</p>
<p>Aprendizaje: Recordar la información. Poca comprensión</p>	

b) Enfoque Constructivo: del análisis al conocimiento

¿Goofy es un buen conductor?



CONDUCTA ANTISOCIAL



<https://www.dailymotion.com/video/Y0C9C33>

<https://fb.watch/62CgP1jIva/>

Análisis del video de Motor Mania (1950)

Apellidos y nombres: _____ Fecha: _____

Para analizar la historia de conducción de Goofy, contesta las siguientes preguntas en un cuaderno o lo descargas en el video:

ANÁLISIS DEL VIDEO

1. ¿Cuál es el tema principal del video?	<input checked="" type="checkbox"/>
2. ¿Cuál es el propósito del video?	<input checked="" type="checkbox"/>
3. ¿Qué información te brinda el video?	<input checked="" type="checkbox"/>
4. ¿Qué conclusiones puedes sacar del video?	<input checked="" type="checkbox"/>
5. ¿Qué preguntas te quedan?	<input checked="" type="checkbox"/>

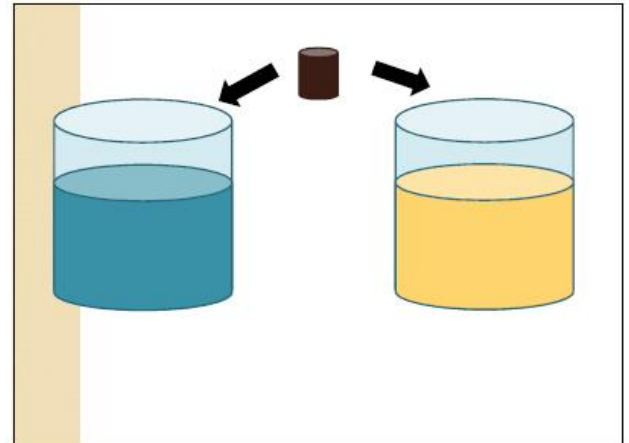
ANÁLISIS DE LOS HECHOS COMO CONDUCTA:

HECHO	¿ES UN HECHO?	¿ES UNA OPINIÓN?
Goofy es un buen conductor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Goofy es un conductor antisocial.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Goofy es un conductor responsable.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Goofy es un conductor que respeta las normas.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Goofy es un conductor que no respeta las normas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Goofy es un conductor que causa problemas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Goofy es un conductor que no causa problemas.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Goofy es un conductor que no respeta los derechos de los demás.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Goofy es un conductor que respeta los derechos de los demás.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

¿QUÉ ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA HE UTILIZADO?

ESTRATEGIA	¿SE UTILIZÓ?	¿CÓMO SE UTILIZÓ?
Clase magistral	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para explicar las normas de conducción.
Trabajo en grupo	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para analizar el video y discutir las conductas.
Trabajo individual	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para responder a las preguntas de análisis.
Trabajo en parejas	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para discutir las conclusiones y preguntas.
Trabajo en equipos	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para analizar los hechos como conductas.
Trabajo en proyectos	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en roles	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en simulaciones	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en juegos	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en debates	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para discutir las conductas antisociales.
Trabajo en casos	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para analizar el caso de Goofy.
Trabajo en problemas	<input checked="" type="checkbox"/>	Se utilizó para resolver las dudas y preguntas.
Trabajo en proyectos de investigación	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de arte	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de escritura	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de música	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de teatro	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de danza	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de deporte	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de ciencias	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de historia	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de geografía	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de matemáticas	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de inglés	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de arte	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de música	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de teatro	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de danza	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de deporte	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de ciencias	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de historia	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de geografía	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de matemáticas	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.
Trabajo en proyectos de inglés	<input type="checkbox"/>	No se utilizó.

Anexo 5: Actividad con la que se introdujo la indagación como modelo de aprendizaje y se discutió posteriormente las características de la misma.



1. ¿QUÉ SABEMOS? ¿QUÉ IDEAS TENEMOS?

Individualmente vamos a responder a las siguientes preguntas (**tenemos 10min.**):

1.1 ¿Qué pasará cuando introduzcamos el objeto dentro del agua?

Ahora por grupos vamos a debatir sobre nuestras respuestas, y vamos a responder a las misma pregunta pero con base en las ideas del grupo (**tenemos 15min.**):

1A. NUESTRAS IDEAS, NUESTRAS HIPÓTESIS

Grupo	Ideas
1	El objeto podría flotar porque es plástico y es un materias menos denso que el agua . Al tocarlo vemos que es más pesado de lo que pensábamos por ello creemos que se hundirá y subirá el nivel del agua puesto que la densidad de dicho objeto parece superior.
2	Se hundirá, ya que el mismo volumen de agua que el objeto pesaría menos que éste, el objeto tiene más densidad que el agua.
3	El objeto hará un efecto de boya porque está dividido en dos partes y la inferior es más pesada. Se hundirá porque el objeto es muy denso.
4	Creemos que por el tamaño y el peso apreciable y basándonos en la experiencia debería flotar. Por ese motivo el objeto tendría una densidad menor que la del agua.

EN SÍNTESIS:

Predicciones	Porque....
Flota	El tipo y la composición del material que al parecer nos indica que es menos denso que el agua y también porque tienen poco peso.
Se hunde	Es más pesado o más denso que el agua. Si tomáramos el mismo volumen de agua que el objeto, pesaría menos que éste.
Efecto Boya	El objeto no tienen la misma composición en todo su interior , hay otro material dentro que podría afectar el peso del objeto.

2A. ¡EXPERIMENTANDO ANDO!

2.1 Introducimos el objeto dentro del agua y observamos.

En este punto, es importante que tengáis claro que **SÓLO** podéis contar con los materiales que habéis traído y los que os han traído las profesoras.

2B. ¡EXPERIMENTANDO ANDO!

2.1 Introducimos el objeto dentro del aceite y observamos.

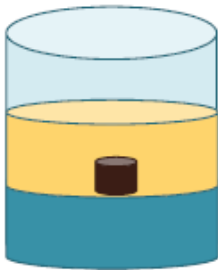
En este punto, es importante que tengáis claro que SÓLO podéis contar con los materiales que habéis traído y los que os han traído las profesoras.



2.2 Introducimos un poco de aceite sobre agua y observamos.



2.3 Introducimos el objeto en la mezcla anterior, observamos.



3. ¡¡PENSAR, PENSAR, PENSAR!!

3.1 ¿Qué variables (aspectos, factores) crees que intervienen en este fenómeno?



Responder a esta pregunta individualmente (5min.) y luego en equipo, escribir vuestras respuestas en la hoja grupal (20min.)

Grupo	Ideas	
1	Impermeabilidad del objeto, volumen, densidad, tipo de material,	Peso Temperatura, Presencia de aire.
2	Tipo de material del objeto, Material que está dentro del objeto, Densidad del agua, Densidad del objeto.	
3	Volumen, Densidad del objeto, Tipo de material del objeto, Material que está dentro del objeto,	Presión Temperatura, Peso, Gravedad.
4	Densidad del agua, Densidad del objeto, Tipo de material del objeto, Tamaño del recipiente,	Cantidad de agua, Volumen del objeto, Peso del objeto.

EN SÍNTESIS:

Variables	Tipo de variable
Impermeabilidad del objeto Composición del objeto Cantidad de agua Cantidad de aceite Tamaño del recipiente	De control. Variables ocultas.
Temperatura Presión Gravedad	Relevantes para el éxito del experimento, el profesor debe controlarlas con antelación. Constantes.
Volumen del objeto Densidad del agua Densidad del aceite Densidad del objeto Peso del objeto Empuje del agua	Irrelevantes para el objetivo de éste experimento.
Flotabilidad del objeto	Independientes
	Dependiente

¿QUÉ HEMOS LOGRADO HASTA AHORA?

- Generar hipótesis sobre un fenómeno.
- Establecer las posibles variables que intervienen en el fenómeno observado.
- Debatir en equipo y expresar las ideas del equipo.

3. ¡¡PENSAR, PENSAR, PENSAR!!

3.2 ¿Por qué el objeto flota en el agua y se hunde en el aceite?



Responder a estas preguntas individualmente (20min.)

3.2. NUESTRAS IDEAS, NUESTRAS HIPÓTESIS

Grupo	Ideas
1	a) Porque la densidad del objeto está entre la del agua y la del aceite. b) La fuerza de empuje del agua se suma a la del aceite. c) Porque el objeto es más denso que el aceite y menos denso que el agua. d) El aceite tiene menos fuerza de empuje.
2	a) Porque el objeto es más denso que el aceite y menos denso que el agua. b) El objeto tiene una densidad intermedia entre la densidad del aceite y la del agua. c) Por el tipo de material. d) El aceite tiene menos fuerza de empuje. e) Por efecto de la gravedad, el agua es más pesada, luego el objeto y por último el aceite.
3	a) Porque el objeto es más denso que el aceite y menos denso que el agua. b) Porque la gravedad ordena estos elementos de mayor a menor densidad. c) Porque al ser el aceite menos denso, el objeto ejerce mayor fuerza. d) El objeto tiene una densidad intermedia entre la densidad del aceite y la del agua.
4	a) Porque el objeto es más denso que el aceite y menos denso que el agua. b) Porque al ser menor la densidad del aceite que la del objeto, éste pesará más y se hunde.

EN SÍNTESIS:

Predicciones	porque...
Tiene una densidad intermedia entre el aceite y el agua.	Se hunde en el aceite y flota en el agua.
El objeto es más denso que el aceite y menos denso que el agua.	La densidad del aceite es menor que la del agua.
El aceite tiene menos fuerza de empuje.	...
La fuerza de empuje del agua se suma con la del aceite.	...
La gravedad lo organiza así.	el agua es más pesada, luego el objeto y por último el aceite.
El objeto ejerce mayor fuerza.	Los ordena de mayor a menor densidad. El aceite es menos denso.

Inferencia T1 asociativa –literal–

Inferencia T2 explicativa

4. CONSTRUYENDO CONOCIMIENTO ME ENCUENTRO

4.1 Pedir a los estudiantes que consulten sobre:

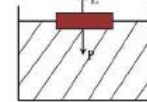
- Principio de Arquímedes.
- Densidad de los cuerpos.



Por medio de una lluvia de ideas redactar, de forma clara y concreta, la definición del principio de Arquímedes.

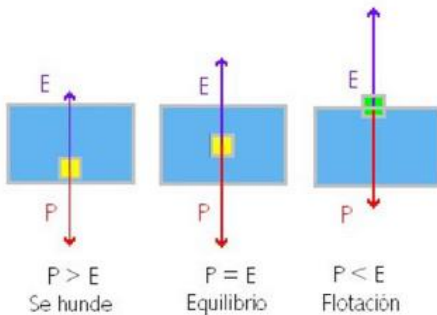


a) Principio de Arquímedes.



“Todo cuerpo sumergido en un fluido (líquido o gas). Experimenta una fuerza vertical y hacia arriba – fuerza de empuje (E)- cuyo valor es igual al peso del volumen del fluido que desaloja”

$$E = V(\text{del cuerpo sumergido}) \cdot d(\text{líquido}) \cdot g$$



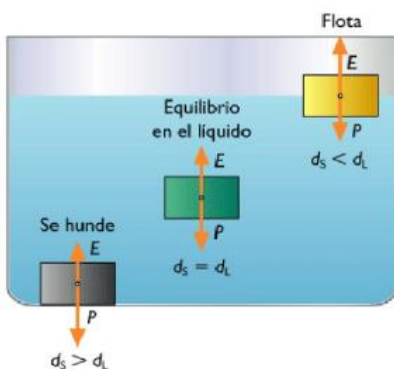
Una tonelada de plumas o ladrillos tiene una masa idéntica de 1.000 kilogramos.

Sin embargo, una tonelada de plumas ocupa un volumen de casi 400 millones de cm^3 (más o menos el tamaño de 4 tractores), mientras que una tonelada de ladrillos ocupa solo medio millón de cm^3 (más o menos el tamaño de 10 televisores de pantalla Led 46", uno detrás de otro).

b) Densidad

“Cantidad de masa contenida en un determinado volumen”

$$D = m / V$$



4.2 Realizar ejercicios de Principio de Arquímedes y densidad.

<http://www.iesaquilarycano.com/dpto/fyq/eureka.html>











http://recursos.educarex.es/escuela2_0/Ciencias/Fisica_Quimica/Laboratorios_Virtuales_de_Fisica/Principio_de_Arquimedes/

4.3 Determinar la densidad del objeto y consultar la densidad del agua y del aceite.

Agua: $1\text{g/ml} = 1000\text{kg/m}^3$

Aceite: $0,92\text{g/ml} = 920\text{kg/m}^3$

4.4 Entonces, según nuestro experimento y los conocimientos que tenemos ahora: ¿Qué podemos afirmar ahora? ¿Qué predicciones se quedan? ¿Cuáles son irrelevantes? ¿Cuáles hay que completar?

Predicciones	porque...
Tiene una densidad intermedia entre el aceite y el agua.	Se hunde en el aceite y flota en el agua. ❌
El objeto es más denso que el aceite y menos denso que el agua.	La densidad del aceite es menor que el agua.  
El aceite tiene menos fuerza de empuje.	...  
La fuerza de empuje del agua se suma con la del aceite.	...  
La gravedad lo organiza así.	el agua es más pesada, luego el objeto y último el aceite. ❌
El objeto ejerce mayor fuerza.	Los ordena de mayor a menor densidad.  
	El aceite es menos denso.  

EN SÍNTESIS:



Fenómeno	Porque...
El objeto se hunde en el aceite y flota en el agua.	

OTRAS DUDAS RESPECTO AL FENÓMENO OBSERVADO

¿Por qué al introducir el objeto en la mezcla (aceite-agua) queda en el fondo del aceite y no entra parte de éste en el agua?

4.5 ¿Qué utilidad creéis que tiene actualmente conocer la masa de los cuerpos?

Por grupos vamos a consultar diferentes fuentes (internet, libros, revistas, prensa, publicidad, etc) para responder a esta pregunta (30min.), luego entre todos realizaremos una tabla de los ejemplos encontrados.

CAMPO	USOS
MEDICINA	• • •
INDUSTRIA	• • •
ECONOMÍA	• • •
HOGAR	• • •

5. CONCLUYENDO...

7.1 ¿Qué podemos concluir entonces (en la hoja grupal poner las conclusiones a las que habéis llegado):

CONCLUSIONES
EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES NOS PERMITE SABER...
LA DENSIDAD NOS PERMITE SABER...
¿POR QUÉ Y PARA QUÉ ES ÚTIL ESTUDIAR EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES Y LA DENSIDAD DE LOS CUERPOS?...

ANÁLISIS DIDÁCTICO DE LA METODOLOGÍA USADA

1) OBJETIVO PARA EL ESTUDIANTE:

- Utilizar el principio de Arquímedes y el concepto de densidad para explicar el fenómeno de flotabilidad.

OBJETIVO DEL PROFESOR:

- Fomentar habilidades de indagación básica (generar hipótesis, determinar variable, relacionar variables, medir, analizar resultados, concluir).
- Fomentar el trabajo en equipo.

2) Situación o evento de interés: ¿SE HUNDE O FLOTA? (Actividad Práctica)

Pueden partir de preguntas o situaciones experimentales que deben producir curiosidad, atracción, duda. Nos permiten llamar la atención del estudiante.

3) Justificación e Impacto: responde a las preguntas de ¿Qué interés (Social, Científico, Tecnológico) tiene resolver esta pregunta o experimentar con éste fenómeno? ¿Por qué es importante que el estudiante conozca el principio de Arquímedes y la densidad?

4) Guion de preguntas o actividades como posible estrategia de solución: Corresponde a las preguntas o situaciones que van a guiar el desarrollo de la estrategia didáctica:

4.1) En nuestra actividad las preguntas 1,1, 1,2 y 3.2 (para identificar ideas previas)

4.2) A continuación comunicamos a toda la clase las ideas de todos en el apartado de NUESTRAS IDEAS, NUESTRAS HIPÓTESIS. (ponemos de manifiesto las ideas previas de todos respecto al tema). Ello nos permite ver la tendencia del grupo a una u otra clase de idea.

5) Conclusiones y recapitulación: Con las actividades del apartado 7 (CONCLUYENDO...), permitimos a los estudiantes concluir a partir de las diferentes actividades, sobre la idea DE FLOTACIÓN, su relación con el principio de Arquímedes y la densidad de los cuerpos.

También es importante que en las conclusiones SIEMPRE, se mencione la utilidad de los conceptos, la importancia de ellos en el día a día, en la evolución del hombre, etc.

4.3) Luego: Experimentación. En el apartado de EXPERIMENTANDO, ANDO (para contrastar las hipótesis).

4.4) A continuación se solicita pensar en las posibles soluciones al problema (Hipótesis explicativa del fenómeno) y los factores que se deben tener en cuenta (variables).

todo ello se trabajó en el apartado de PENSAR!! PENSAR!! PENSAR!!

4.5) A continuación, se realizan otra serie de actividades CONSTRUYENDO CONOCIMIENTO ME ENCUENTRO que permiten:

- Recordar lo imprescindible que es PENSAR y PLANIFICAR antes de actuar.
- Consultar los conceptos y llegar a UNA DEFINICIÓN EN COMÚN, más clara y concreta que las que podemos encontrar en libros.
- Apoyándonos de las definiciones, los ejercicios realizados, el trabajo en equipo, DEDUCIR por qué sucede lo que sucede en el experimento. ES DECIR, HACER UN ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En los días en los que sientas que te ahogas en un vaso de agua...



Acuérdate que sólo es cuestión de hacer la plancha y flotar...



Trabaja el principio de Arquímedes

Anexo 6: Secuencia diseñada por el equipo 1, hilo conductor y guion de cuestiones sobre el sonido y sus características

Planteamiento de la situación problemática				
<p>"DIAPASÓN: Un planeta sin sonidos. ¿Qué ha pasado en Diapasón? ¿Por qué no hay sonidos? "</p> <p>La secuencia de aprendizaje tiene como hilo conductor una historia sobre viajar a un planeta lejano llamado Diapasón, en el que se vivirán una serie de experiencias para resolver un problema que tienen los habitantes de aquel planeta: Una mañana, los habitantes se despiertan sin poder hablar, cuando intentaban hacerlo no conseguían emitir ni una sola palabra, ni emitir ningún tipo de sonido, su voz no se escuchaba, abrían y cerraban la boca, pero nada, no escuchaban sus voces. Tampoco podían escuchar otros sonidos de otras partes o cosas, ya no había música, ni ruidos de naves, ni los sonidos típicos de las ciudades, nada. Uno de sus habitantes ha escrito una carta a los niños de la Tierra para que les ayuden a averiguar qué pudo haber pasado en Diapasón.</p> <p>Para que la historia se haga interesante y divertida, con antelación la maestra(o) pide a los niños que el día (que corresponde a la clase de ciencias) no entren a su aula de forma convencional, que esperen en el pasillo (allí empezará a contar la historia). Una vez comienza el viaje a Diapasón y se llega allí (el aula de clase se supone que es una parte del planeta y puede ambientarse como tal, también ha de tenerse listo todo el material necesario para las actividades prácticas) se realizarán una serie de actividades prácticas que ayudarán a que los niños y niñas sepan qué ha pasado con los habitantes de ese planeta.</p>				
Actividad inicial y acotamiento del problema				
<p>Una vez organizados en los equipos de trabajo, la maestra(o) pide a los niños que discutan por equipos las siguientes preguntas: para poder ayudar a los habitantes del planeta necesitamos saber algunas cosas antes, por ello vamos a plantearnos la siguiente pregunta: ¿Qué es el sonido y cómo se mueve? (lo ideal sería que la maestra(o) vaya pasando por los equipos para ayudarles a concretar ideas, después de dar el tiempo necesario para la discusión, en la pizarra podrían ponerse las ideas más relevantes que cada equipo aporta).</p>				
Actividades de desarrollo				
<p>El maestro(a) continúa la historia contando que los habitantes de aquel planeta también se hicieron esa pregunta y obtuvieron respuestas semejantes a las de los niños. Luego empezaron hacer experimentos para saber qué había pasado, una cosa curiosa que se les ocurrió fue intentar hacer sonidos sin abrir la boca y tocando su garganta a ver qué pasaba, también golpeando diferentes objetos y tocándolos. Se pregunta a los niños si también lo intentan.</p>				
idea básica a desarrollar	Activ.	Materiales necesarios	Tiempo estimado	Descripción de la actividad
El sonido se produce por la vibración de la materia.	A1		15min	Los niños deben colocar su mano en la garganta y hacer sonidos como: mmmm, aaaa, eee, iii (con la boca cerrada). Comprobar que se produce un "cosquilleo". Se pregunta a los niños <i>¿qué creéis que es ese "cosquilleo"?</i> <i>¿qué creéis que está pasando dentro de la garganta?</i> . La discusión en A1 y A2 pretende llegar a la vibración o movimiento como palabra clave.
	A2	diapasones, guitarra, video de hojas sonando por acción del viento.	20min.	Se les pide a los niños que golpeen un diapasón contra la suela de los zapatos y rápidamente lo pongan con suavidad en la punta de la nariz o a la oreja, igualmente se experimentará con la cuerda de la guitarra, esta vez con tocando suavemente con un dedo, <i>¿qué creéis que está pasando?</i> <i>¿Qué hace el diapasón cuando toca la punta de la nariz, qué sentís?</i> <i>¿y la cuerda de la guitarra qué hace?</i> A continuación se les pide que hagan absoluto silencio, que vuelvan a golpear el diapasón y escuchen, igual con la cuerda de la guitarra, se les pregunta: <i>¿Creéis que lo que sucede al diapasón, la cuerda de guitarra, es lo mismo que sucede en la garganta?</i> .
	Recapitulador		30min.	Después de haber hecho las dos experiencias anteriores, y con los aportes que han dado los niños, el maestro debería guiar una discusión en torno a: <i>para poder producir un sonido ¿Qué ha de ocurrirle a los materiales (cuerdas vocales, metal del que está hecho el diapasón, etc.)? ¿Vosotros que creéis?</i> los niños deben discutir por equipos estas cuestiones y apuntar su respuesta en la pregunta 1 de la ficha.

Según me contaron los extraterrestres, a ellos les pasó igual que a vosotros, sentían el movimiento de sus cuerdas vocales, no las habían perdido, también sentían la vibración de los objetos, sin embargo, aún no podían escuchar nada. Se preguntaban ¿Qué será entonces lo que falta? Sigamos nosotros indagando. A continuación, el maestro(a) plantea: *Y si cubriésemos por completo los objetos con los que hemos trabajado (diapasón, cuerda de guitarra, etc.) ¿sonarían igualmente? ¿Qué podemos hacer para comprobarlo?* (se seleccionan las ideas más convenientes por pregunta de materiales, tiempo, etc.)

El sonido se mueve a través del aire. Sin aire (vacío) no hay sonido.	A3	bufandas, telas de diferente grosor, pañuelos	20min.	Cada equipo debe pensar en qué podrían hacer para comprobarlo, a continuación, el maestro(a) expone las ideas de cada equipo a todo el grupo. La intención fundamental es que los niños propongan cubrir los objetos con otros diferentes, que los envuelvan por completo (bufandas, pañuelos, papel, de modo que se den cuenta que al cubrirlos "algo" falta y no podemos escuchar nitidamente el sonido que producen. Cuando los equipos hayan probado sus ideas, se pregunta <i>¿Qué creéis que está pasando? ¿Por qué no percibimos el sonido como antes?</i>
	A4	bolsas y bombas de vacío. Móvil	20min.	El maestro explica un poco las características de las bolsas (se usan para conservar alimentos, guardar cosas, etc.) vamos a ver como funcionan. coge su móvil y pone a volumen normal una canción cualquiera (puede ser también el mecanismo de una tarjeta de cumpleaños). Les pregunta a los niños si la escuchan o no y les recuerda que aquí tenemos aire. Introduce el móvil dentro de la bolsa, <i>¿Creéis que se seguirá escuchando la canción cuando sellemos la bolsa y saquemos el aire?</i> Mientras ocurre esto, el maestro aclara que esa bomba permite sacar todo el aire de la bolsa (Cuando termina el proceso no debe escucharse nada). Se sella la bolsa y se pregunta: <i>¿escucháis algo? ¿qué ha pasado?</i> (la bolsa debe permanecer cerrada aún), tiempo para pensar y obtener ideas de los niños. <i>¿Qué creéis que va pasar cuando abramos la bolsa? ¿oiremos la canción de nuevo?</i> Se permite la participación de los niños y se pide a uno de ellos que abra la bolsa.
	Recapitulador		30min.	Después de haber hecho las dos experiencias anteriores, y con los aportes que han dado los niños, el maestro pregunta: <i>¿Qué sabemos ahora sobre el aire y escuchar sonidos?</i> Se permite la participación de los niños, mediando la discusión hacia el aire como medio por el cual se propaga el sonido y sin aire no puede haber sonido alguno. Es posible que los niños no conozcan todavía el término "propagación", de modo que tenemos que contemplar la posibilidad de usar otras expresiones, como por ejemplo que el sonido se mueve, se desplaza, etc. Se invita a los niños a responder las preguntas 2 y 3 de la ficha de trabajo.

El maestro continúa con la historia: Bien, Según lo que acabamos de experimentar, ¿Qué es lo que podía faltar en el planeta Diapasón? Muy bien, a nuestros amigos extraterrestres les será muy útil esta información. Ahora bien, si el sonido se mueve a través del aire, ¿Qué pasa con los sólidos? ¿También el sonido se moverá a través de ellos? ¿Qué experimento podemos hacer para averiguarlo? (recordad que sólo disponemos de estos materiales que tenemos sobre la mesa) Los niños por equipos deben pensar qué podrían hacer (se seleccionan las ideas más convenientes por cuestión de materiales, tiempo, etc.)

El sonido se propaga por los sólidos	A5	mesas, vasos de plástico con agujero. Hilo de pescar.	30min.	Se les pide a los niños que pongan una oreja bien pegada a la mesa, con la otra mano que tapen su otra oreja, a continuación el maestro rasca la mesa o incluso se puede hacer vibrar el diapasón y apoyarlo en la superficie de ésta, se pregunta a los niños si escuchan algo. Dado que los niños han pensado en hacer un "teléfono de latas", se les ayuda a elaborar el mismo. Antes de empezar a probarlos: <i>¿creéis que vamos a poder escuchar algo? ¿creéis que se escuchará igual que si habláis sin teléfono? (tiempo para discusión). A continuación probar teléfonos ¿Qué ocurre? ¿Se escucha igual que si hablásemos sin teléfono?</i> Se deja tiempo para discusión.
	A6	kikos, fragmento de película muda, ordenador o video beam.	10min.	Se pide absoluto silencio para esta actividad, se reparte un bol de kikos por cada grupo, pero se indica claramente que sólo deben empezar a comerlos cuando haya iniciado la película, además se indica que deben estar muy atentos en el momento de comer los kikos. Después de haber terminado el fragmento de película, el maestro pregunta: <i>¿habéis escuchado algo mientras veíais la peli? ¿Qué habéis escuchado?</i> dejar participar a los niños y apuntar en la pizarra ideas interesantes. Después el maestro pregunta: <i>Y ¿en qué estado está nuestro cuerpo: líquido, sólido o gas?...Entonces ¿Es posible que también escuchemos los sonidos a través de la materia sólida?</i>
	Recapitulador		20min.	Después de haber hecho las dos experiencias anteriores, y con los aportes que han dado los niños, el maestro pregunta: <i>Hemos dicho que nuestro cuerpo es materia sólida, los teléfonos que hemos construido y la mesa también. Entonces ¿Qué podríamos decir sobre la relación entre sólidos y los sonidos?</i> Se permite la participación de los niños (hasta llegar a la conclusión de que en los sólidos el sonido también se propaga). Se invita a los niños a responder la pregunta 4 de la ficha de trabajo.

Vale, si el sonido se mueve a través del aire y los sólidos, ¿Qué pasa con los líquidos? ¿También permiten que se mueva el sonido a través de ellos? ¿Qué experimento podemos hacer para averiguarlo? (recordad que sólo disponemos de estos materiales que tenemos sobre la mesa) Los niños por equipos deben pensar qué podrían hacer (se seleccionan las ideas más convenientes por cuestión de materiales, tiempo, etc.)

El sonido se propaga a través de los líquidos	A7	globos grand, reloj acuático con alarma, vídeos de animales produciendo sonidos bajo el agua.	30min.	De las ideas de los equipos, el maestro debe rellenar los globos con agua. Se pide absoluto silencio para esta actividad. A continuación pone la alarma al reloj y pregunta a los niños: <i>¿Qué creéis que pasará cuando introduzca el reloj dentro del agua, podremos escucharlo o no?</i> Dejamos tiempo para responder, se introduce el reloj dentro del agua y después se pide, por parejas, que pongan la oreja pegada a los globos y escuchen. Después de haber terminado, se les muestra vídeos con animales produciendo sonidos bajo el agua: delfines, ballenas, incluso personas hablando bajo el agua, etc.
	Recapitulador		20min.	Después de haber hecho la experiencia anterior, y con los aportes que han dado los niños, el maestro pregunta: <i>¿esta agua ¿en qué estado se encuentra? y ¿el agua de mar?...Entonces, ¿Qué podríamos decir sobre la relación entre líquidos y los sonidos? ¿Se escuchan tan claramente como en el aire o en los sólidos? ¿vosotros qué creéis?</i> se permite una discusión y se invita a los niños a responder la pregunta 5 de la ficha de trabajo

Actividades de Reflexión y síntesis final

Muy bien, hasta el momento hemos experimentado y hemos descubierto muchas cosas, pero debemos aclarar una cuestión fundamental, os acordáis de nuestro amigo el extraterrestre ¿no? (la maestra(o) recuerda el problema inicial: *¿Qué ha pasado en Diapasón? ¿Por qué no hay sonidos?*) *¿Qué podemos decirle ahora? ¿Qué podemos aconsejarles que hagan?* (Guiar la discusión a recordar que sin aire no hay sonido, pero que también se mueve a través de otros medios como los sólidos o líquidos). Nosotros tenemos mucho aire a nuestra disposición ¿no? y por eso podemos comunicarnos tranquilamente, pero a veces abusamos de los sonidos y se convierten en *ruido* *¿Es bueno para la salud el ruido? ¿Qué creéis vosotros?*

El ruido excesivo es perjudicial para la salud	A8	cartulinas, colores, recortes, etc.	40min.	Se pide a cada niño que en casa, en cartulinas, hacer un dibujo sobre una fuente de ruido y la siguiente clase cada niño expondrá su trabajo. A continuación se abrirá una discusión general en torno a los trabajos realizados. El maestro(a) realiza una tabla de dos columnas en la pizarra (una dirá: ruido, la otra columna dirá: desventajas) en donde los niños van a aportar diferentes ejemplos relacionadas con el ruido y problemas que éste conlleva.
	A9	modelo de oreja y sus partes		Se espera que algunos niños dentro de sus conclusiones anteriores lleguen a tocar el tema de la salud del oído, de modo que el maestro encadena: <i>Es interesante como habéis mencionado el cuidado de los oídos para la salud...pero ¿Por qué es tan importante esa parte del cuerpo? ¿qué relación tiene con el sonido?</i> (discusión grupal y debate) <i>¿Puede nuestra oreja escuchar todos los sonidos que se producen en la naturaleza?</i> (esta última cuestión permite dar paso a discutir sobre frecuencias detectables o no por el oído humano, es un tema muy interesante para trabajar en otras sesiones).
	A10		15min	Se invita a los niños a responder la pregunta 6 de la ficha de trabajo.

Ficha de trabajo de cada niño (Cuestionario C-5.1)

(fichas de evaluación del aprendizaje de los niños y niñas durante la implementación de las secuencias).

VIAJE A DIAPASON

Apellidos, Nombre: _____

FICHA DE RESULTADOS

1. Así pues ¿Qué debe ocurrir para que se produzcan sonidos?

2. ¿Logramos escuchar los sonidos cuando hay aire? si ___ no ___ no lo sé ___
¿Por qué?

3. ¿Qué pasa cuando no hay aire? ¿Podemos escuchar algo? Explica tu respuesta

4. Entonces, ¿podemos escuchar a través de los sólidos? si ___ no ___ ¿Por qué?

5. ¿Podemos escuchar a través de los líquidos? si ___ no ___ ¿Por qué?

6. ¿Qué he aprendido con respecto al sonido con estos experimentos? Escribe todas las cosas que crees que hayas aprendido.


a) _____

b) _____

c) _____

d) _____

e) _____



Anexo 7: Secuencia diseñada por el equipo 2, hilo conductor y guion de cuestiones sobre la temperatura y el calor

Planteamiento de la situación problemática
"TEATRO DE PEPE: ¿Qué es el Calor y qué relación tiene con la temperatura?"
<p>La secuencia de aprendizaje tiene como hilo conductor una historia⁷⁵ que se desarrolla en un teatrillo (que las integrantes del grupo construyen, así como también los títeres), de un personaje llamado Pepe y su acompañante canino llamado Toby quienes salen de paseo. En la historia los personajes dialogan entre ellos y preguntan al público (los niños y niñas) sobre diferentes ideas previas respecto a lo que llamamos “el frío”, “el calor”, lo “caluroso”, lo “caliente “la temperatura que sube” “la temperatura que baja” “quedarse sin energía” “las partículas que conforman las cosas” “movimiento de las partículas”. De esos diálogos e ideas que van saliendo de los niños y niñas, Pepe llega a un punto en el que dice: <i>Hemos estado hablando con palabras muy interesantes: Calor, temperatura, frío, energía, caluroso, caliente y...os cuento que a mí me encanta la ciencia, preguntar, experimentar y saber cada día más ¿y a vosotros?... Porque me pregunto: si indagáramos como los científicos sobre esas palabras ¿tendrían algo en común unas con otras? O ¿serían totalmente diferentes? ¿qué será en verdad esa cosa que llamamos calor o energía o temperatura? Porque hemos dado muchas opiniones, pero ¿tendremos razón? ¿qué podríamos hacer para saberlo? ¿Os apetece indagar y experimentar más al respecto?</i></p> <p>A continuación, se embarcan en la vivencia de una serie de actividades experimentales que junto con los niños (organizados en pequeños equipos) intentan averiguar si todas esas palabras (conceptos) tienen alguna relación entre sí y qué significado tienen científicamente hablando.</p>
Actividad inicial y acotamiento del problema
<p>Una vez organizados en los equipos de trabajo, la maestra(o) pide a los niños que discutan por equipos las siguientes preguntas: Cuando sacamos un polo del congelador y lo dejamos sobre un plato o vaso ¿qué ocurre? (Dejar tiempo para respuestas) y después de que se derrite ¿estará igual de frío que al principio? ¿qué creéis que pasa? (lo ideal sería que la maestra(o) vaya pasando por los equipos para ayudarles a concretar ideas, después de dar el tiempo necesario para la discusión, en la pizarra podrían ponerse las ideas más relevantes que cada equipo aporta).</p>
Actividades de desarrollo
<p>El maestro(a) de acuerdo a las ideas expresadas por los niños(as) continúa la historia contando que como a Pepe le gusta hacer experimentos ha traído a la clase algunos materiales que pueden servirnos a todos para aclarar estos conceptos y se le ha ocurrido poner juntas agua caliente con hielo a ver qué sucede (en un bol o recipiente mediano irá al menos 200ml de agua caliente y en un vaso de precipitado pequeño irá al menos un cubo de hielo), <i>¿pasará lo mismo que pasa al polo? ¿qué podríamos hacer para saber qué tan caliente o frías están tanto el agua como el hielo antes de juntarlos? Mirar los materiales que tenemos y decirme qué podríamos hacer.</i> Se espera que los niños y niñas se les ocurra proponer el uso de los termómetros. Una vez se han medido las temperaturas iniciales, se pide a los niños que introduzcan con cuidado el vaso de precipitado dentro del bol con agua caliente, sin volcar el cubo de hielo dentro del agua caliente, es decir, manteniéndolos en sus recipientes. A continuación, se pide a los niños que respondan a la pregunta 1 de su ficha de trabajo.</p>

75. Las estudiantes plantean un guion para desarrollar toda la situación, dicho guion se puede apreciar en el ANEXO 8.

NOTA IMPORTANTE: Esta actividad se ha considerado la primera en realizar dado que se necesita tiempo para que el hielo se funda y también para que las temperaturas vayan variando y los niños vayan midiéndola con el termómetro y apuntando los resultados (al menos cada 15min la maestra(o) debe recordar a los equipos medir la temperatura de cada recipiente y apuntar los resultados). Sin embargo, la discusión y análisis de dicha actividad se realizará al final del todo, durante las actividades A6 y A7, que son las destinadas para abordar el concepto de calor. Entre tanto se van trabajando en paralelo las otras actividades de la secuencia, como se muestra a continuación:

idea básica a desarrollar	Activ.	Materiales necesarios	Tiempo estimado	Descripción de la actividad
Toda materia (independientemente de su estado) presenta energía la cual permite el movimiento de sus partículas	A1		10min	El maestro(a) retoma las ideas sobre partículas que conforman la materia (que se realizó en la introducción) y a continuación pregunta: <i>vale, entonces vamos ahora a pensar en una pregunta que a Pepe se le ha ocurrido: ¿creéis que las partículas que forman todas las cosas están quietas o moviéndose? por ejemplo el aire que tenemos aquí (mueve las manos de un lado a otro), o el agua dentro de este vaso, o esta mesa ¿cómo creéis que están sus partículas?</i> se deja tiempo para discusión por pequeños equipos y luego se apunta en la pizarra idea extraída de cada equipo.
	A2	globos	15min	según las ideas planteadas el maestro(a) puede empezar con el movimiento de las partículas en los gases (que resulta la más sencilla), preguntando: <i>¿cómo podríamos comprobar que las partículas que forman los gases se mueven?</i> si los niños han tratado los estados de la materia, saldrá a colación que ocupan todo el volumen disponible y ello sólo es posible si se mueven sus partículas, también se puede preguntar: <i>cuando inflas un balón o un globo ¿qué sucede? ¿cómo es posible que logre mantenerse inflado incluso después de varios días?</i> dejar tiempo para que niños aporten sus ideas y a continuación pedir a cada equipo inflar dos globos y suetar con el dedo la boquilla, sin anudar el globo. Preguntar: <i>¿Qué pasaría si dejamos de apretar con los dedos la boquilla del globo?</i> se permite la discusión...el maestro(a) pregunta: <i>¿y qué será lo que permite que esas partículas se muevan?</i> se espera que los niños hablen de energía, en caso de no ocurrir se puede encaminar la discusión en torno a qué necesitamos cada día para poder hacer todas las actividades que hacemos: estudiar, caminar, hablar, etc.
	A3	vasos de plástico transp., colorantes de repostería en polvo de diferentes colores	20min.	Con los líquidos también se plantea una discusión parecida, poniendo como ejemplo como podemos trasvasar de un lado a otro diferentes líquidos. Para trabajar el movimiento de las partículas de los sólidos, se les pide a los niños que cojan una pizca del colorante y lo espolvoreen suavemente en un vaso con agua y deje así, sin agitar. (la maestra(o) previamente podrá dos vasos con agua por equipo), pero antes de hacerlo, la maestra pregunta: <i>qué creéis que pasará con el polvo de color y agua después de pasado un tiempo?</i> se deja espacio para debate y <i>¿qué será lo que permite que esas partículas se muevan?</i> se espera que los niños hablen de energía, en caso de no ocurrir puede usarse el simulador de partículas que se usará en A4.
	Recapitular		20min.	Después de haber hecho las experiencias anteriores, y con los aportes que han dado los niños, el maestro debería guiar una discusión en torno a: <i>¿Qué podemos concluir respecto a las partículas que forman los sólidos, líquidos y gases?</i> se deja tiempo para participación y se pide a cada niña y niño que responda a las preguntas 2 y 3 de la ficha de trabajo.

La maestra(o) continua con la historia de Pepe diciendo que, aclarado que todas las cosas que existen en el universo que conocemos están formadas por partículas que se mueven porque tienen energía, a Pepe le causaba curiosidad una cosa *¿por qué será que en la calle durante el invierno sentimos el aire frío y durante el verano sentimos el aire caliente? ¿tendrá esto relación con el movimiento de las partículas que acabamos de ver?* Se deja tiempo para que los niños intervengan y se toma nota en la pizarra de las ideas más interesantes que puedan servir como conexión para hablar sobre la temperatura. A continuación se realizan las siguientes actividades⁷⁶:

76. En A4 se utiliza un simulador 1 para trabajar la idea de temperatura (según las estaciones) y su relación con la energía cinética que contienen los cuerpos, fuente: <http://mw.concord.org> específicamente: <http://mw.concord.org/public/part2/heat/page1.cml>. En A5 se usan otros dos simuladores, simulador 2, en el que ya directamente se puede apreciar el efecto de subir o bajar las temperaturas y su relación con la energía cinética de las partículas en materiales en diferentes estados, fuente: https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_es.html. En A7 se utiliza el simulador 3: en: <http://mw.concord.org/public/part2/heat/page4.cml>. Igualmente se utiliza el video sobre el Calor de un programa de TV llamado: El mundo de Beckman: <https://www.youtube.com/watch?v=QSj9wuwqWRc>. Todas estas herramientas se consultaron por última vez en 2015.

La temperatura se relaciona directamente con el aumento o disminución de la energía que tienen las partículas de toda la materia existente	A4	simulador 1, portátil, video beam (si es posible)	20min.	Después de haber recogido las ideas se explica a los niños(as) que vamos a trabajar en el ordenador con un programa que permite simular las partículas que contienen las cosas, dado que no podemos verlas a simple vista, la ciencia usa programas y simulaciones que permiten "aproximadamente" entender como funciona la naturaleza en verdad. Aquí es importante dejarles claro que aunque a veces aparezcan en el ordenador "bolitas de colores" eso no quiere decir que las partículas sean de verdad así, es importante hacerles ver que son formas más fáciles de representar los átomos pero que realmente los átomos ni los podemos ver a simple vista ni con el microscopio más potente que existe. Una vez abierto el simulador se explica a los niños cómo funciona (figuras en las que se puede hacer click, las partículas dónde están representadas, etc). Es decir, la idea es que los niños puedan trabajar con el simulador 1, el cual permite jugar y comprobar la relación entre energía de las partículas y la temperatura ambiente, pero sin que ello se convierta en un juego de hacer click en todas partes sin un objetivo claro, por ello, antes de permitir la manipulación, la maestra(o) pregunta: <i>¿cómo creéis que van estar las partículas del aire durante el invierno? ¿quietas? ¿moviéndose muy rápido? ¿muy lento? ¿Por qué?</i> se deja tiempo para algunas participaciones y se permite a los niños jugar con el simulador.
	A5	simulador 2 y 3, portátil, video beam (si es posible)	20min.	Ahora se permite trabajar con el simulador 2 y 3. Aclarando, igual que antes, cómo funciona, qué representan los colores diferentes en las "bolitas-partículas", en qué botón hacer click para variar la temperatura, etc. A continuación, la maestra(o) empieza por dejar trabajar en el simulador 2 con los sólidos, antes de la experimentación: <i>como veis, las partículas todo el tiempo se están moviendo y por tanto tienen energía, lo que discutimos al principio, ¿os acordáis?, pues ahora vamos a comprobar qué sucede a medida que voy aumentando o disminuyendo esa energía de las partículas, entonces: ¿qué creéis que va marcar este termómetro (del simulador) cuando bajemos la energía de las partículas? ¿y cuando la subamos?</i> se deja tiempo para un participante por equipo y se permite a los niños trabajar con el simulador.
	Recapitular		25min.	Después de haber hecho las dos experiencias anteriores, y con los aportes que han dado los niños, el maestro pregunta: <i>¿Qué sabemos ahora sobre la temperatura y su relación con la energía que contienen las partículas?</i> Se permite la participación de los niños, mediando la discusión hacia la idea de que a mayor energía de las partículas, mayor temperatura y viceversa. Se invita a los niños a responder la pregunta 4 de la ficha de trabajo.

El maestro continúa con la historia (se acerca la marioneta de Toby a la oreja): Bien, bien, bien, pues Toby me dice que le ha encantado aprender todo esto con vosotros, que sois unas niñas y niños muy inteligentes y que ahora sólo nos falta discutir uno de esos términos que le causa confusión: El Calor.

El calor es un proceso que implica la transferencia de energía de un cuerpo que tiene mayor temperatura a otro que tiene menor temperatura hasta que llegan a la misma temperatura.	A6	Tapers o boles grandes, agua caliente, vasos pequeños, cubos de hielo, termómetros	20min.	<i>Primero que todo, tomemos por última vez la temperatura del agua del bol y el hielo, ¡¡¡¡¡¡!</i> ¿qué ha pasado con el hielo?... y ya de paso, según esas tablas que tenéis ahí con los datos de temperatura que habéis tomado a lo largo de todo este tiempo ¿qué veis que ha pasado? ¿qué podemos decir de la temperatura del bol que contenía agua caliente? ¿Qué podemos decir de la temperatura del vaso que tenía el cubo de hielo? se deja espacio para que los equipos discutan y participen algunos niños y niñas (al menos uno por equipo). Si hasta el momento no ha salido en la discusión la transferencia de energía, la maestra(o) debe guiar la participación preguntando: <i>lo que habéis planteado hasta el momento es muy interesante, pero también me pregunto: ¿por qué creéis que al final las temperaturas de ambos recipientes son iguales o muy parecidas? ¿qué creéis que ha pasado con las partículas de ambos recipientes?</i> se permite la discusión por equipos y se toma nota en la pizarra de, por lo menos, una idea por equipo.
	A7	simulador 3, portátil, video beam (si es posible)	30min.	Con base en las ideas anteriores, ahora se deja a los niños trabajar con el simulador 4 (en el que se puede apreciar como la energía de las partículas se va transfiriendo de unas a otras cuando están a diferente temperatura), teniendo en cuenta las aclaraciones que se han dado antes respecto a cómo usar el simulador y su objetivo dentro de la actividad. Por ello, la maestra(o) debe guiar el trabajo partiendo de la siguiente discusión: <i>vale, hasta el momento hemos visto que hablamos de temperaturas altas cuando la energía de las partículas es alta también y, de temperaturas bajas cuando la energía de las partículas también es baja y, según hemos visto aquí (señala los bol y vaso de la actividad anterior) cuando mezclamos materiales de alta temperatura con objetos de baja temperatura, también llega un momento en que la temperatura de ambos se convierte en la misma o muy parecida, y ¿por qué pasará esto?. Vamos a hacer unos experimentos con estos programas de simulación para que aclaremos el asunto.</i> El simulador debería estar preparado para que los niños fácilmente puedan trabajar con las temperaturas de dos sistemas diferentes y luego puedan ponerlos en contacto y apreciar qué pasa con la energía de las partículas, por ello la maestra(o) vuelve a insistir: <i>¿cómo es la energía del objeto que tienen más temperatura?</i> (los niños pueden verlo fácilmente en el simulador)
	Recapitular	simulador 3, video (mundo de Beckman, programa sobre el Calor: minutos 1:06-5:48)	25min.	Después de haber hecho las experiencias anteriores, y con los aportes que han dado los niños, el maestro(a) pregunta: <i>vale, quien me quiere contar ¿qué ha pasado con las partículas una vez las hemos juntado?</i> se espera que los niños(as) mencionen los choques (golpes) entre partículas y también como pasado un rato todas las partículas tienen el mismo color-energía (representada en el simulador con colores de las bolitas que van desde rojos, mucha energía, a blanco, poca energía), a continuación la discusión debe guiarse en torno a: <i>¿qué creéis que ha pasado con la energía de las partículas una vez las hemos mezclado?</i> se espera que los niños(as) mencionen, por ejemplo, que al chocar unas partículas con otras los colores iban cambiando. En este punto la maestra(o) debe aclarar -si los niños no lo mencionan-, que esos cambios de color al chocar se deben a que las bolitas más rojas (partículas con mayor energía) pasan parte de su energía a las bolitas blancas o rosas (partículas con menor energía) hasta que llega un punto en el que todas tienen el mismo color (misma energía) o, hacer uso también del trozo de video sobre el calor del programa: El mundo de pickman. Y una vez discutido y aclarado ello, dejando participar a los niños con más opiniones al respecto, se menciona que a todo este proceso es a lo que se llama Calor y que no es algo que este dentro de los objetos o lo que sentimos en verano. Se deja espacio para discutir y aclarar dudas y se pide responder a la pregunta 5 de la ficha de trabajo.

Actividades de Reflexión y síntesis final

Una vez terminadas todas las actividades es importante realizar una síntesis de todas las actividades para conocer como maestras(os) qué se han aprendido los niños y niñas y que cuestiones quedan pendientes o deben reforzarse más en posteriores actividades, por ello se realiza esta última actividad:

A8	folios, rotuladores de colores	30min.	<i>Vale chicos, ahora por equipos en los folios blancos que tenéis en cada mesa quiero que entre todos los integrantes del equipo os pongais de acuerdo y escribáis un pequeño resumen de todo lo que habéis aprendido. Si os apetece hacer dibujos también podéis hacerlos. Cuando terminéis vamos a compartir esas ideas con toda la clase.</i>
----	--------------------------------	--------	---

Ficha de trabajo de cada niño (Instrumento C-5.2)

(fichas de evaluación del aprendizaje de los niños y niñas durante la implementación de las secuencias).

GRUPO ENERGÍA: "EL TEATRO DE PEPE"

APELLIDO Y NOMBRE: _____

FECHA: _____

1) Apuntamos en la siguiente tabla las temperaturas cada cierto tiempo.

	TEMPERATURA ^o				
AGUA CALIENTE ^o	o	o	o	o	o
AGUA FRÍA ^o	o	o	o	o	o

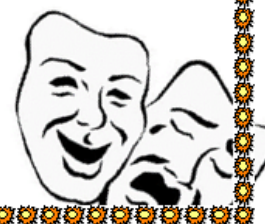
Una vez hecha la primera medición de temperatura. ¿Qué creéis que va a pasar después de pasado un buen tiempo?

2) Entonces, ¿las partículas que forman los gases y los líquidos se mueven? Si ___ No ___ ¿Por qué?

3) Y las partículas que forman los sólidos ¿se mueven? Si ___ No ___ ¿por qué?

4) ¿Qué creéis que es la temperatura? Recordar lo que habéis trabajado en los ordenadores.

5) Entonces, después de todo lo trabajado en los experimentos de clase y los ordenadores, ¿Qué creéis que es el Calor?



Anexo 8: Guion detallado de la introducción del “Teatro de Pepe”. Implementación de la secuencia del equipo 2.

...A continuación expondremos el diálogo que se realiza para ambientar toda la propuesta didáctica, es decir el teatro. (Duración 10-15 minutos).

Escenografía:

Primer acto

-*Directoras 1 y 2*: “Señoras y señores, bienvenidas y bienvenidos al teatro de Pepe”

“Estad muy atentos y que empiece el espectáculo” (al mismo tiempo que dicen la frase tiran serpentina y a continuación desplazan el telón hacia un lado)

-*Pepe*: "Hola, yo soy Pepe y estoy compuesto por partículas" "Este es Toby! El también está compuesto por partículas" "Esto es un banco y está compuesto por partículas".

"Y esto un árbol. ¿Y a que no sabéis qué? (Si el auditorio no responde, responden las presentadoras: ¿Qué?) Que también está compuesto por partículas, ja, ja "

-*Pepe*: "¡Qué día tan *caluroso*! Pero necesitamos salir y despejarnos. Venga *Toby* vamos a correr un poco". (Mientras realizan la acción suena la canción *Benny Hill Theme*)

-*Pepe*: "Ay, vamos a parar que me he quedado sin energía. ¡Qué *calor* que tengo!". (Llegan hasta la altura del banco. Pepe intenta sentarse)

-*Pepe*: "¡Ay, Ay, Ay, que me quemó! ¡Qué *caliente* está!" (Se sitúa delante del árbol)

-*Pepe*: "Açò els valencians dirien: ¡Quina basca que fa!" (Mirando hacia el árbol a medida que lo pronuncia, sonido de aire y el árbol se mueve) (Pepe se sienta en el banco reflexionando).

-*Pepe*: “Esto me recuerda a un documental, diapositiva 3 del **Anexo II**, que me enseñó mi maestra de *Carl Sagan*. (Se queda dormido: La maestra que maneja las marionetas situará a Pepe recostado en el banco)

Segundo acto

(En este acto se iniciará un diálogo entre las directoras (maestras), los alumnos y los protagonistas del teatro: Pepe y Toby.)

- *Directora 1*: "Pero ¿qué ha pasado? Vamos a despertar a Pepe que sino no podemos empezar el debate. Venga (señalar a un niño que esté despistado para llamarle la atención) despiértalo”.

-*Niño/a*: “¡Despiértate Pepe!”

-*Directora 2*: "¿Cómo se han presentado los personajes? ¿Qué palabra han repetido muchas veces? Por ejemplo, yo soy Pepe y...”.

-*Respuesta grupal/individual*: "Han dicho que se componen de partículas".

-*Directora 1*: "Vale, muy bien, chicas y chicos. Por lo tanto, hemos visto que tienen partículas”.

“Entonces, ¿el banco tiene partículas?" "¿Y será que las partículas se mueven en cada cuerpo? Voy a preguntárselo a Toby ¿Tu qué crees?"

-*Toby*: "¡guau!"

-*Directora 2*: "¡Uy! ¡Pero si Toby no habla."

-*Pepe*: "Yo creo que Toby quiere decir que no se mueven"

-*Directora 1*: "¿Y vosotros que pensáis?, ¿Se mueven o no se mueven? Haber, ¿Quién piensa que se mueven? ¿Y quién piensa que no se mueven?"

-*Directora 2*: "¿Entonces, vosotras y vosotros que estáis sentados tampoco tenéis partículas en movimiento?"

-*Niños*: "si/ no se/ no, porque estamos en reposo, pero cuando ha corrido Pepe sus partículas sí que se encontraban en movimiento".

-*Directora 1*: "Interesante respuesta. Aunque debéis recordar que los materiales tienen partículas en continuo movimiento, aunque nosotros a simple vista no somos capaces de verlas, este el objeto en movimiento o no. Vamos a ver el banco que está quieto haber si tiene partículas en movimiento".

-*Directora 2*: "Si fuéramos un científico y ampliáramos el banco con una súper lente, ¿Qué veríamos? (En este momento se ha de mirar el PowerPoint, **diapositiva 6**, donde se verá una imagen de un banco y al lado las partículas que se moverán en un clic) ¿Las partículas están quietas o se mueven? Ahh, ¿Veis cómo se mueven, aunque nosotros a simple vista no lo apreciamos?"

-*Directora 1*: "¿Habéis dado los estados de la materia? ¿Quién sabe cuáles son? (líquido, gaseoso y sólido). Pues como veis aquí (mirar el PowerPoint, **diapositiva 7**) los tres tienen partículas ¿Cómo? ¿Quietas o moviéndose? ¿Qué más observáis? ¿Unas se mueven más que las otras? ¿Por qué creéis que se mueven unas más rápido?" (por el aumento de la temperatura).

"Vamos a seguir, cuando han terminado de correr, ¿Qué ha dicho Pepe?"

-*Respuesta grupal/individual*: "Que estaba cansado y que tenía mucho calor". [Si no contestan bien . .

-*Directora 2*: "Pepe, ¿Y tú qué opinas? ¿Qué te pasó?"

-*Pepe*: "Pues que he corrido mucho, me he cansado y hacía mucho calor. Y además, me he quedado sin energía"

-*Directora 2*: "Ah, calor, energía ¡qué términos más extraños! ¡Qué cosas más interesantes!, ¿No creéis?"

-*Directora 1*: "¿Qué le paso a Pepe cuando intentó sentarse en el banco?"

-*Respuesta grupal/individual*: "Se quemó por el calor"

-*Directora 1*: "¡Pepe!, ¿nos puedes explicar qué te pasó?"

-*Pepe*: "Que me he quemado porque el banco estaba caliente." (La *directora 2* pondrá una nube delante del sol)

-*Directora 2*: "¿Y si estuviera nublado, Pepe se habría cansado tanto? ¿Y su amigo Toby? ¿Y si estuviera nublado, el banco estaría caliente?"

-*Respuesta grupal/individual*: "No; Sí; No sé; No tiene porqué. . . "

-*Directora 1*: "Bueno pues ahora se nos ocurre que vamos a experimentar para ver y dar respuesta a estos tres conceptos tan interesantes, (PowerPoint, **diapositivas 12**). Vamos a decirles a Pepe y a Toby que salgan para formar los grupos. Os habréis fijado que cada uno tiene una pegatina, debéis ir con la maestra que tenga la marioneta con la misma pegatina que tenéis. "

Una vez el alumnado se ha preguntado por los términos y cuestiones a tratar en la propuesta didáctica se colocarán en grupos como dice en el diálogo la directora 1, grupos por dibujo de pegatinas, **Anexo I**. Estos grupos se intentarán que se hagan equitativamente, todos los grupos parecido número de alumnos. Seguidamente se procederá a iniciar las actividades que en el siguiente punto detallamos...